This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

NEDL TRANSFER
HN 6GWM U
KC
7031

Sammlung Göschen

Pflanzenbiologie

von

Prof. Dr. W. Migula

Mit 50 Abbildungen

KC 7031

Sammlung Göschen

Unser heutiges Wissen
in kurzen, klaren,
allgemeinverständlichen
Einzeldarstellungen

Jede Nummer in eleg. Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig

Zweck und Ziel der „Sammlung Göschen" ist, in Einzeldarstellungen eine klare, leichtverständliche und übersichtliche Einführung in sämtliche Gebiete der Wissenschaft und Technik zu geben; in engem Rahmen, auf streng wissenschaftlicher Grundlage und unter Berücksichtigung des neuesten Standes der Forschung bearbeitet, soll jedes Bändchen zuverlässige Belehrung bieten. Jedes einzelne Gebiet ist in sich geschlossen dargestellt, aber dennoch stehen alle Bändchen in innerem Zusammenhange miteinander, so daß das Ganze, wenn es vollendet vorliegt, eine einheitliche, systematische Darstellung unseres gesamten Wissens bilden dürfte.

Ein ausführliches Verzeichnis der bisher erschienenen Nummern befindet sich am Schluß dieses Bändchens

Digitized by Google

Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek

aus der Sammlung Göschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden **80 Pfennig.**

Der menschliche Körper von E. Rebmann. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.

Urgeschichte der Menschheit von Prof. Dr. M. Hoernes. Mit 48 Abbildungen. Nr. 42.

Völkerkunde von Dr. M. Haberlandt. Mit 56 Abbild. Nr. 73.

Tierkunde von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 78 Abbild. Nr. 60.

Tierbiologie von Prof. Dr. H. Simroth. Nr. 131.

Tiergeographie von Prof. Dr. A. Jacobi. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Das Tierreich I: Säugetiere von Oberstudienrat Prof. Dr. Karl Lampert. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.

Schmarotzer und Schmarotzertum in der Tierwelt von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.

Die Pflanze von Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

Das Pflanzenreich von Dr. F. Reinecke u. Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Figuren. Nr. 122.

Pflanzenbiologie von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abb. Nr. 127.

Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.

Die Pflanzenwelt der Gewässer von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen. 2 Bändchen. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.

Nutzpflanzen von Prof. Dr. J. Behrens. Mit 53 Abb. Nr. 123.

Die Pflanzenkrankheiten von Dr. Werner Friedrich Bruck in Gießen. Mit 45 Abbildungen und 1 farbigen Tafel. Nr. 310.

Mineralogie von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 130 Abbild. Nr. 29.

Geologie von Prof. Dr. E. Fraas. Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln. Nr. 13.

Paläontologie von Prof. Dr. R. Hoernes. Mit 87 Abbild. Nr. 95.

Petrographie von Prof. Dr. W. Bruhns. Mit vielen Abbildungen. Nr. 173.

Kristallographie von Prof. Dr. W. Bruhns. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.

Geschichte der Physik von Prof. A. Kistner. Mit 16 Figuren. 2 Bände. Nr. 293, 294.

Theoretische Physik von Prof. Dr. G. Jäger. Mit Abbildungen. 3 Teile. Nr. 76—78.

Digitized by Google

Wenden!

Radioaktivität von Wilh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.
Physikalische Messungsmethoden von Oberlehrer Dr. Wilh. Bahrdt. Mit 49 Figuren. Nr. 301.
Geschichte der Chemie von Dr. Hugo Bauer. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264. — II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
Anorganische Chemie von Dr. J. Klein. Nr. 37.
Metalloide (Anorganische Chemie 1. Teil) v. Dr. H. Schmidt. Nr. 211.
Metalle (Anorganische Chemie 2. Teil) v. Dr. O. Schmidt. Nr. 212.
Organische Chemie von Dr. J. Klein. Nr. 38.
Chemie der Kohlenstoffverbindungen von Dr. H. Bauer. 4. Teile. Nr. 191—194.
Analytische Chemie v. Dr. Johs. Hoppe. 1. u. 2. Teil. Nr. 247, 248.
Maßanalyse von Dr. O. Röhm. Nr. 221.
Chemisch-Technische Analyse von Prof. Dr. G. Lunge. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
Stereochemie von Prof. Dr. E. Wedekind. Mit 34 Fig. Nr. 201.
Allgemeine und physikalische Chemie von Dr. Max Rudolphi. Mit 22 Abbildungen. Nr. 71.
Elektrochemie von Dr. Heinr. Danneel. I: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.
Agrikulturchemie. I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
Das agrikulturchemische Kontrollwesen von Dr. Paul Krische. Nr. 304.
Physiologische Chemie v. Dr. med. A. Legahn. 2 Teile. Nr. 240, 241.
Meteorologie von Dr. W. Trabert. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr. Mit 14 Abbildungen und 3 Tafeln. Nr. 175.
Astronomie von Möbius, neubearbeitet von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. Mit 36 Abbildungen und 1 Sternkarte. Nr. 11.
Astrophysik von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. Mit 11 Abb. Nr. 91.
Astronomische Geographie von Prof. Dr. S. Günther. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
Physische Geographie von Prof. Dr. S. Günther. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
Physische Meereskunde von Dr. Gerhard Schott. Mit 28 Abbildungen und 8 Tafeln. Nr. 112.
Klimakunde. I: Allgemeine Klimalehre von Prof. Dr. W. Köppen. Mit 2 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 114.

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Pflanzenbiologie

von

Dr. W. Migula
Professor an der Forstakademie Eisenach

Mit 50 Abbildungen

Zweite, verbesserte Auflage

Leipzig
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1906

Digitized by Google

KC 7031

HARVARD
UNIVERSITY
LIBRARY

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagshandlung vorbehalten.

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig-R.

Digitized by Google

Inhalt.

		Seite
Einleitung		5
1. Kapitel.	Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung	8
2. Kapitel.	Kreuzung und Selbstbefruchtung	23
3. Kapitel.	Die Übertragung des Pollens	38
1.	Die Windblütler	39
2.	Die Insektenblütler	41
4. Kapitel.	Die Verbreitung der Pflanzen	53
5. Kapitel.	Schutzeinrichtungen und Anpassungserscheinungen	63
6. Kapitel.	Saprophyten und Parasiten	77
7. Kapitel.	Symbiose	93
8. Kapitel.	Insektenfressende Pflanzen	100
9. Kapitel.	Pflanzen und Ameisen	110
Register		117

Digitized by Google

Literaturverzeichnis.

Goebel, Pflanzenbiologische Schilderungen I—III 1889 bis 1893.

Kerner v. Marilaun, Pflanzenleben 2 Bd. 1896—1898.

Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen 1895.

Müller, Hermann, Die Befruchtung der Blumen durch Insekten 1873.

Schimper, Pflanzengeographie 1898.

Warming, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie II. Aufl. 1902.

Wiesner, Biologie der Pflanzen II. Aufl. 1902.

Digitized by Google

Einleitung.

Die Pflanzenbiologie ist derjenige Teil der Botanik, welcher sich mit den äußeren Lebenserscheinungen der Pflanzen beschäftigt, mit den Beziehungen der Pflanzen zu der sie umgebenden Natur und mit den Einrichtungen, welche bei den Pflanzen infolge dieser Beziehungen entstanden sind. Sie betrachtet deshalb die Pflanze nur als ein Glied der gesamten Natur und nur im Zusammenhange mit dieser, während umgekehrt die Physiologie die Pflanze aus diesem Zusammenhange herauslöst und die Kräfte untersucht, welche in der einzelnen Pflanze zur Wirkung kommen. Eine scharfe Trennung zwischen beiden ist freilich nicht möglich, sie berühren sich in vielen Punkten. Aber während die Physiologie wesentlich mit chemischen und physikalischen Kräften zur Erklärung der Erscheinungen ausreicht, kommen bei der Biologie noch andere Faktoren zur Geltung, hier spielen insbesondere die Fähigkeit, zu variieren und gewisse Eigenschaften zu vererben, die Hauptrolle.

Viele dieser Einrichtungen, welche die Pflanzen durch ihre Beziehungen zu der sie umgebenden Natur erworben haben, erscheinen auf den ersten Blick so überaus zweckmäßig, daß man leicht auf den Gedanken kommen könnte, sie seien eben mit Rücksicht auf das zu erstrebende Ziel von den Pflanzen erlangt. Dies würde aber eine gewisse Absicht voraussetzen, die

Digitized by Google

natürlich den Pflanzen nicht zugeschrieben werden kann. Wir müssen vielmehr annehmen, daß diese Einrichtungen sehr langsam entstanden sind, und daß neben Zweckmäßigem auch viel Unzweckmäßiges sich einstellte. Die vielen Nachkommen einer Pflanze sind nicht gleich, sondern zeigen geringe Verschiedenheiten. Diese Verschiedenheiten vererben sich und können sich nach der einen oder anderen Richtung weiter entwickeln, da die späteren Nachkommen immer wieder etwas variieren. Die Abweichungen, die sich nun ungünstig für die Pflanze erweisen, vererben sich deshalb nicht weiter, weil die betreffenden Pflanzen gegenüber den anderen begünstigteren unterliegen, von ihnen überwuchert werden oder anderen schädlichen Einflüssen irgend welcher Art zum Opfer fallen und deshalb keine Nachkommen erzeugen. Im allgemeinen vererben sich deshalb nur die für die Pflanze günstigen Abweichungen, und diese um so sicherer, je günstiger sie für die Pflanze sind. Dieses Varieren und Vererben setzt sich nun durch ungezählte Generationen hindurch fort und führt im Laufe von Jahrtausenden zu den Einrichtungen, deren Zweckmäßigkeit wir bewundern. Aber diese Zweckmäßigkeit ist keine erstrebte, sondern eine naturnotwendige; das Unzweckmäßige ist eben untergegangen, und nur das Zweckmäßige ist übrig geblieben. Freilich ist neben dem Zweckmäßigen auch vieles entstanden, was weder zweckmäßig noch unzweckmäßig, also indifferent für die Pflanze ist, und andererseits ist der gleiche Zweck bei verschiedenen Pflanzen auf sehr verschiedenem Wege erreicht worden,nicht immer in gleich vollkommenem Maße.

Wie sich die Bedingungen für das Pflanzenleben im Lauf der Jahrtausende fortwährend geändert haben und noch ändern, so haben sich auch die Pflanzen selbst geändert; noch jetzt sind sie in fortwährender Umgestaltung begriffen, je nachdem es die äußeren Verhältnisse nötig machen. Die Pflanze besitzt, indem sie sich der Aenderung der äußeren Lebensbedingungen

Digitized by Google

entsprechend anpaßt, ein Reaktionsvermögen, welches nicht ausschließlich auf Variieren und Vererben zurückgeführt werden kann, denn auch ein und dasselbe Individuum kann diesen Aenderungen bis zu einem gewissen Grade folgen. In diesem Reaktionsvermögen der Pflanze, in der Fähigkeit, äußeren Lebensbedingungen gegenüber sich entsprechend anzupassen, haben wir vielleicht ein sehr wesentliches Moment zu suchen, welches beim Variieren der Pflanzen eine Rolle spielt.

Bei diesen Eigenschaften der Pflanzen, Reaktionsvermögen gegenüber sich ändernden Lebensbedingungen, Vermögen zu variieren und erworbene Eigenschaften zu vererben, werden wir begreifen, daß die Pflanzenwelt ihre Entwickelung in der Gegenwart nicht abgeschlossen hat, sondern daß sie sich wie das einzelne Individuum weiter entwickelt, und daß diese Weiterentwickelung und Umgestaltung anhalten wird, solange sich die äußeren Lebensbedingungen ändern, also solange es überhaupt Pflanzen auf der Erde geben wird.

Digitized by Google

I. Kapitel.

Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung.

Wenn wir die Gesamtheitheit der lebenden Wesen verfolgen von den einfachsten Anfängen zu den höchstentwickelten Formen, so finden wir nicht nur im ganzen, sondern auch in allen Einzelheiten eine Fortentwickelung, die sich dadurch bemerkbar macht, daß sich für jeden besonderen Zweck auch besondere Organe herausbilden. Das ganze Reich des organischen Lebens erscheint uns wie ein zweiteiliger Stamm, der von einer gemeinsamen Wurzel getragen wird; Tiere und Pflanzen, die in ihren entwickeltsten Formen so weit voneinander geschieden sind, zeigen in ihren tiefsten Entwickelungsstufen so wenig Verschiedenheiten, daß sie schwer voneinander abzugrenzen sind und einzelne Gruppen, sowohl von den Botanikern wie von den Zoologen, für ihre Wissenschaft in Anspruch genommen werden.

Bei den niedersten Pflanzen spielen sich alle Lebensprozesse in einer Zelle ab, da diese ja oft den ganzen Pflanzenkörper repräsentiert. Aber auch die einzelne Zelle besitzt in den verschiedenen Familien schon äußerst ungleiche Fähigkeiten. Bei vielen Bakterien z. B. bestehen die Funktionen der Zelle wesentlich nur in der Aufnahme und Verarbeitung der Nahrung, im Wachstum und in der einfachsten Form der Fortpflanzung, in der vegetativen Vermehrung durch Zweiteilung. Bei anderen Arten dieser Gruppe tritt dann noch Bewegungsfähigkeit hinzu, welche durch besondere Organe, Geißeln, ermöglicht wird. Noch andere vermögen Dauerzustände, Endosporen zu bilden, welche die Art befähigen, auch ungünstige äußere Verhältnisse, wie Nahrungsmangel oder Trockenheit,

Digitized by Google

zu überdauern. Aber nirgends tritt uns ein Prozeß entgegen, den wir mit der Fortpflanzung der höheren Gewächse vergleichen können.

Bei den schon viel höher organisierten Algen ist die Fortpflanzung eine äußerst mannigfaltige und verschiedenartige, gleichsam als habe die Natur, ehe sie an die Gestaltung der höheren Pflanzenwelt ging, erst tastend versucht, welche von den verschiedenen Möglichkeiten am besten für die weitere Entwickelung sich eignen würde. Die einfache vegetative Zweiteilung der Zelle bildet auch hier noch häufig die Hauptquelle der Individuenvermehrung; daneben treten aber auch schon besonders gestaltete Fortpflanzungszellen auf, die teils ungeschlechtlich zu neuen vegetativen Zellen heranwachsen, teils durch Vereinigung der Zellinhalte zweier verschiedener Zellen zu einer neuen Zelle die ersten Anfänge der geschlechtlichen Fortpflanzung darstellen.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung geschieht im allgemeinen in der Weise, daß sich der Inhalt einer Zelle in mehr oder weniger zahlreiche Teile sondert, die meist als Schwärmzellen aus der Mutterzelle hervortreten, sich eine Zeitlang im Wasser herumtummeln, dann an einem passenden Ort festsetzen und zu neuen vegetativen Algenpflanzen heranwachsen. Im einzelnen erleidet dieser Vorgang bei den verschiedenen Familien und selbst Gattungen der Algen oft große Abweichungen.

Die geschlechtliche Fortpflanzung ist bei den Algen besonders mannigfaltig und wir finden bei den Diatomeen beispielsweise so eigenartige Übergänge von der ungeschlechtlichen zur geschlechtlichen Fortpflanzung, daß kein Zweifel über die Entwickelung der letzteren aus der ersteren möglich ist. Bei einigen Diatomeen tritt der lebendige Plasmakörper aus der harten Kieselschale, die ein Wachstum des Individuums hindert, heraus, streckt sich auf ungefähr die doppelte Länge und umgibt

Digitized by Google

sich mit einem neuen Panzer, auch ohne daß zwei Zellen miteinander in Berührung gekommen wären. Bei einer anderen Gruppe dieser zierlichen Algen findet dieser Prozeß jedoch in der Weise statt, daß sich die herausgetretenen Plasmaleiber zweier Zellen, ohne zu verschmelzen wenigstens berühren, erst dann bildet sich um jede der Zellen eine neue Schale. Bei einer dritten Gruppe endlich findet eine wirkliche Verschmelzung der Plasmaleiber zweier Zellen statt und die so entstandene neue Zelle umgibt sich mit der neuen Kieselschale. Der letzte Vorgang ist entschieden als eine geschlechtliche Fortpflanzung zu bezeichnen, und doch ist er mit den vorherbeschriebenen ungeschlechtlichen so nahe verwandt.

Bei anderen Algen entstehen, ähnlich wie bei den oben erwähnten ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen, Schwärmer, welche die Mutterzelle verlassen und außerhalb derselben zu zwei oder selbst zu mehreren miteinander verschmelzen, „kopulieren". Aber auch bei dieser einfachsten Form der geschlechtlichen Fotpflanzung ist schon eine Verschiedenheit und eine Entwicklung zum Vollkommeneren vorhanden; es gibt Algen, deren Schwärmer aus derselben Mutterzelle miteinander kopulieren, andere, bei denen nur Schwärmer verschiedener Zellen, wenngleich desselben Fadens, sich vereinigen, und endlich solche bei denen nur zwischen Schwärmern verschiedener Pflanzen eine Kopulation stattfindet. Gewöhnlich läßt sich bei diesen geschlechtlichen Schwärmzellen eine Unterscheidung in männliche und weibliche nicht machen, indessen kommt es auch vor, daß zuweilen die eine von zwei kopulierenden Zellen größer als die andere ist, und man würde sie dann als die weibliche ansprechen können.

Bei einem nicht geringen Teil der Algen steht aber die geschlechtliche Fortpflanzung bereits auf einer viel höheren Stufe. Es bilden sich besondere Geschlechtsorgane, weibliche (Oogonien) und männliche (Antheridien), in denen die

Digitized by Google

wesentlich voneinander verschiedenen Geschlechtszellen entstehen. In den ersteren bilden sich die verhältnismäßig großen ruhenden, unbeweglichen Eizellen, in den letzteren die meist viel kleineren beweglichen, männlichen Spermatozoiden, welche das Antheridium verlassen, in das Oogonium eindringen und durch Verschmelzung mit der Eizelle diese befruchten. Bei den Florideen sind auch die männlichen Geschlechtszellen (Spermatien) unbeweglich. Auch hier sind schon Unterschiede wie bei den höheren Pflanzen vorhanden, es gibt eingeschlechtige Algen, bei denen Oogonien und Antheridien an demselben Individuum entstehen, und zweigeschlechtige, bei denen die Geschlechtsorgane auf verschiedene Pflanzen verteilt sind. Bei vielen Algen kommen geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung nebeneinander vor, bei den höchstentwickelten, den Characeen, gibt es nur eine geschlechtliche Fortpflanzung.

Wenn wir die Entwickelung der Algen verfolgen, so finden wir in auffallender Übereinstimmung mit der höheren Gesamtentwicklung auch eine höhere Differenzierung der Fortpflanzung: die einfachsten Formen zeigen nur vegetative Vermehrung, eine Stufe höher findet sich schon eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch besondere Fortpflanzungszellen, noch höher entwickelte Formen besitzen geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung nebeneinander, und die am höchsten stehenden nur eine geschlechtliche.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den Pilzen; hier ist die ungeschlechtliche Fortpfanzung überwiegend und die geschlechtliche tritt immer mehr zurück je weiter sich die einzelnen Formenreihen entwickeln, den höchstentwickelten fehlt sie ganz. Diejenige Gruppe, welche den Algen noch am ähnlichsten ist, die Phykomyceten oder Algenpilze besitzen noch regelmäßig geschlechtlich Fortpflanzung, wenn schon auch bei ihnen die ungeschlechtliche Conidienbildung die ergiebigere Fruchtform ist und die geschlechtliche immer mehr reduziert wird, bis es zuletzt

Digitized by Google

nur noch zur Anlage der Geschlechtsorgane, aber nicht mehr zu einer Befruchtung kommt und die Geschlechtsorgane unbefruchtete aber keimfähige Sporen bilden. Bei den Askomyceten kommt geschlechtliche Fortpflanzung sehr selten, bei den Basidiomyceten gar nicht mehr vor.

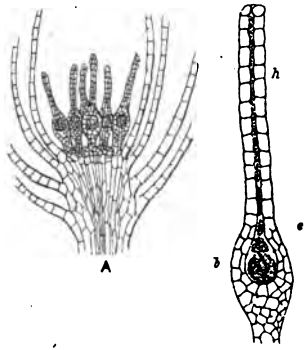
Jedenfalls hängt dieser allmählige Verlust der geschlechtlichen Fortpflanzung bei den Pilzen mit ihrer saprophytischen resp. parasitischen Lebensweise zusammen. Wir finden irgend welche Reduktion fast stets verbunden mit heterotropher, d. h. bei einer Lebensweise, bei welcher die Pflanzen den Kohlenstoff aus schon vorhandenen organischen Verbindungen entnehmen und ihn nicht durch Assimilation aus der Kohlensäure der Luft erwerben können. Bei höheren heterotrophen Pflanzen ist diese Reduktion meist an den Blattorganen erkennbar; so hat die Kleeseide gar keine Blätter mehr.

Zwischen den Algen und den höheren Pflanzen findet sich hinsichtlich der Fortpflanzung eine Lücke in dem Zusammenhang der Entwicklung, die sich nur durch zweifelhafte Hypothesen überbrücken läßt. Von den Moosen an läßt sich jedoch die Entwickelung der Fortpflanzung bis zu den Blütenpflanzen verfolgen.

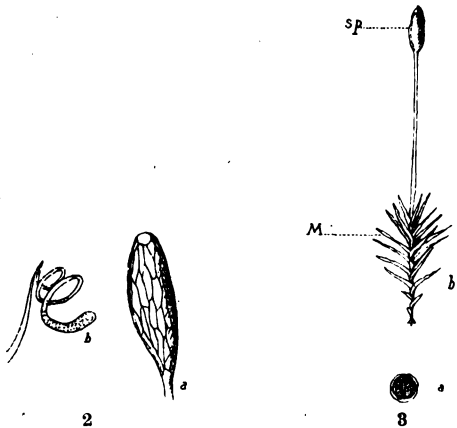
Gegenüber den Algen erscheinen die Moose schon allein durch den ganz regelmäßigen Wechsel zwischen geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung charakterisiert, und die Produkte beider liefern vollständig verschieden aussehende Pflanzengebilde. Die beblätterte Moospflanze trägt die Geschlechtsorgane, welche man hier Archegonien (die weiblichen) und Antheridien (die männlichen) nennt; häufig sind Archegonien und Antheridien auf verschiedene Pflanzen verteilt.

Die Archegonien sind lange schlauchförmige, an ihrem unteren Teil bauchig angeschwollene Organe (Fig. 1), an denen man den Hals (Fig. 1b) und den Bauchteil unterscheiden kann. In dem letzteren liegt die ruhende Eizelle, welche durch die in

Digitized by Google



Figur 1. A) Archegonienstand eines Laubmooses. Rechts ein einzelnes Archegon. b) Archegonienbauch mit der Eizelle und der Bauchkanalzelle, h) Hals (vergrößert).



Figur 2. a) Antheridium eines Laubmooses, b) Spermatozoid (beide vergrößert — b stark).

Figur 3. b) Moospflanze (Pogonatum urnigerum), M) geschlechtliche Generation, eigentliche Moospflanze; sp) ungeschlechtliche Generation, Sporogon, Kapsel (natürliche Größe); a) Spore (vergrößert).

Digitized by Google

den Kanal des Archegoniums eindringenden Spermatozoiden befruchtet wird. Die Antheridien (Fig. 2a) sind länglich-ovoide Gebilde, in deren Inneren zahlreiche, eigentümlich gewundene mit zwei Geißeln versehene Spermatozoiden (Fig. 2b) entstehen. Durch Verschmelzung der Spermatozoiden mit der Eizelle wird diese letztere befruchtet, und es geht aus ihr durch Teilung und Wachstum die zweite oder ungeschlechtliche Generation, die Mooskapsel oder Moosfrucht hervor (Fig. 3). Ein Teil des Inhaltes dieser Kapsel wandelt sich in ungeschlechtlich entstandene Sporen um, aus welchen zunächst bei der Keimung ein algenartiger Vorkeim (Protonema) hervorgeht, an dem wieder die geschlechtliche Generation, die beblätterte Moospflanze, entsteht. Dieser Wechsel zwischen geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Generationen ist ein durchaus regelmäßiger, und bei der Einrichtung der Organe und dem ganzen Entwicklungsgang der Moospflanze wäre es ganz unmöglich, daß z. B. einmal zwei geschlechtliche Generationen aufeinander folgen könnten, ohne daß eine ungeschlechtliche dazwischen aufgetreten wäre.

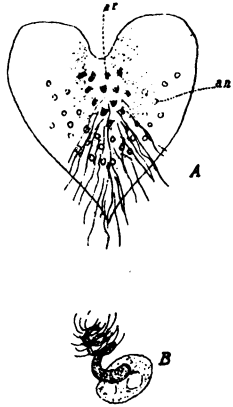
Bei den Moosen ist der Vorgang der geschlechtlichen Fortpflanzung ebenso wie die Ausbildung der Geschlechtsorgane im allgemeinen ziemlich einförmig, bei den Farnpflanzen zeigen sich jedoch schon sehr verschiedene Entwickelungsstufen, deren nähere Kenntnis für uns um so interessanter ist, als sie uns den Schlüssel zum Verständnis der Fortpflanzungserscheinungen bei den Blütenpflanzen liefern.

Auch bei den Farnpflanzen findet ein regelmäßiger Wechsel zwischen geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Generationen statt, aber im Gegensatz zu den Moosen ist die eigentliche Farnpflanze die ungeschlechtliche Generation, die der Mooskapsel entsprechen würde, während die geschlechtliche, der eigentlichen Moospflanze entsprechende Generation ein unscheinbarer, oft nur wenigzelliger Gewebskörper, das Prothallium, ist. Wie

Digitized by Google

bei den Moosen entstehen die Geschlechtszellen in Archegonien und Antheridien, die entweder auf einem Pflänzchen vereint oder auf verschiedene verteilt sind.

Bei den eigentlichen Farnkräutern stellt das Prothallium ein zartes lebermoosartiges Gebilde dar, welches auf der Unterseite die Geschlechtsorgane trägt (Fig. 4A). Der Archegonien-

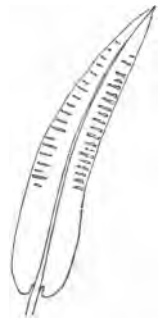


Figur 4. A) Farnprothallium (schwach vergrößert), ar) Archegonien, an) Antheridien; B) Spermatozoid (stark vergrößert).

hals ist verhältnismäßig kürzer als bei den Moosen, und die Antheridien stellen meist halbkugelig vorgewölbte, wenigzellige Gewebskörper dar. Die Spermatozoiden, welche in den letzteren entstehen, sind ebenfalls spiralig gekrümmt (Fig. 4B), aber am ganzen Vorderende bewimpert. Sie dringen in die Archegonien durch den Halskanal ein, befruchten die Eizelle, und diese entwickelt sich, indem sie mit dem Prothallium in Verbindung bleibt, zu der Farnpflanze. An dieser entstehen, gewöhnlich auf der Unterseite der Blätter, die Sporan-

Digitized by Google

gien (Fig. 5), in denen sich die ungeschlechtlichen Sporen bilden. Aus den keimenden Sporen entwickeln sich wieder die Prothallien.

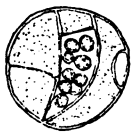


Figur 5. Blatt eines Farnkrautes, Scolopendrium vulgare, sporentragend. (1/5 natürlicher Größe.)

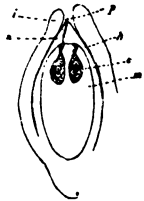
Je weiter die Entwickelung in der Reihe der Farnpflanzen fortschreitet, desto mehr wird das Prothallium reduziert; schließlich finden wir bei einer kleinen Gruppe hochorganisierter Formen, den Wasserfarnen oder Hydropteriden, das Prothallium nur noch auf wenige Zellen beschränkt. An der ungeschlechtlichen Pflanze entwickeln sich bei Salvinia natans beispielsweise zweierlei Sporangien, von denen die einen nur Mikrosporen, die anderen nur Makrosporen enthalten. Bei der Keimung gehen aus den ersteren männliche, aus den letzteren weibliche Prothallien hervor. Die männlichen Prothallien sind zwar sehr einfach gestaltet, treten aber noch aus der Sporenhaut heraus. Die weiblichen sind besser entwickelt und bilden sogar noch mehrere Archegonien. Bei anderen Pteridophyten, z. B. bei Selaginella, sind männliche und weibliche Prothallien so stark reduziert, daß außer dem Archegonium, resp. Antheridium, nur eine oder zwei Zellen vorhanden sind, die das eigentliche Prothallium bilden (Fig. 6).

Digitized by Google

Schon innerhalb der Reihe der Farnpflanzen geht also die Reduktion der geschlechtlichen Generation so weit, daß diese beinahe ihre Selbständigkeit einbüßt; nur noch ein Schritt, und beide Generationen verschmelzen fast vollkommen miteinander, so daß sie sich nicht mehr streng auseinanderhalten lassen, obwohl sich in der Entwicklungsgeschichte der Blütenpflanzen auftretende Erscheinungen noch ohne Schwierigkeit mit den Vorgängen bei den Farnen vergleichen lassen.



6



7

Figur 6. Keimende Mikrospore von Selaginella (männliches Prothallium mit Antheridium).

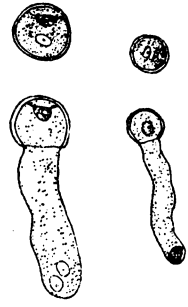
Figur 7. Samenanlage einer Konifere. p) Keimendes Pollenkorn, m) Embryosack, i) Integument, n) Eikern, e) Archegonium, h) Halsteil desselben (vergrößert).

Am ähnlichsten gestalten sich die Verhältnisse noch bei den Gymnospermen, zu welchen wir außer den Nadelhölzern noch zwei kleinere Pflanzengruppen, die Cykadeen und die Gnetaceen, zu rechnen haben. Auch bei ihnen finden wir Mikro- und Makrosporen wieder, die ersteren als Pollenkörner oder Blütenstaub, die letzteren als Embryosäcke. Die Samenknospe würde dem Makrosporangium, die Pollensäcke den Mikrosporangien entsprechen (Fig. 7).

In dem Embryosack (= Makrospore) entsteht bei den Gymnospermen schon vor der Befruchtung das Endosperm, welches dem Prothallium der Makrosporen bei den Hydropteriden entsprechen würde, bei den Angiospermen tritt diese Endo-

Digitized by Google

permbildung erst nach erfolgter Befruchtung ein. Auch bei der Keimung der Pollenkörner kann man einen ähnlichen Vorgang wie bei der Keimung der Mikrosporen erkennen; es entsteht eine Teilung in zwei oder mehrere Zellen, von denen die eine dem Antheridium, die übrigen einem rudimentären Prothallium entsprechen (Fig. 8). Die weitere Entwickelung weicht



Figur 8. Links oben ein Pollenkorn einer Konifere mit dem rudimentären Prothallium. Links unten dasselbe keimend. Rechts dieselben Stadien eines Pollenkorns einer Angiospermen-Pflanze (vergrößert).

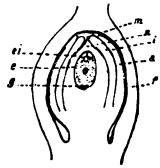
allerdings ab; das Antheridium wächst zu dem Pollenschlauch aus, welcher sich direkt an den Embryosack anlegt und die Eizelle befruchtet, er entwickelt also nicht wie bei den Farnen frei bewegliche Spermatozoiden. Jedoch kommt es gerade bei einigen Gymnospermen auch zur Bildung von Spermatozoiden innerhalb der Spitze des fortwachsenden Pollenschlauches, welche noch mit Cilien begabt sind.

Bei den höher organisierten Blütenpflanzen verwischen sich diese Verhältnisse mehr und mehr, und wir finden bei den Angiospermen viel weniger deutlich die Verwandtschaft mit den Farnen ausgesprochen.

Verfolgen wir den ganzen Prozeß der geschlechtlichen Fortpflanzung der Phanerogamen jetzt ohne Rücksicht auf eine stete

Digitized by Google

Vergleichung mit den analogen Vorgängen bei den Pteridophyten, so findet sich zunächst, daß die empfängnisfähige Eizelle gewöhnlich neben zwei Gehilfinnen (Synergiden) die Spitze des Embryosackes einnimmt, während an dessen anderem Ende die drei Gegenfüßlerinnen liegen (Fig. 9). Der Embryosack selbst liegt wieder an der Spitze des Knospenkernes (Nucellus), wird aber meist noch von zwei hüllenartigen Gebilden, den Integumenten, bedeckt und geschützt. Das innere Integument läßt einen engen, zum Embryosack führenden Kanal frei, die Mikropyle, durch welche der keimende Pollenschlauch zum Em-



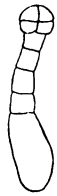
Figur 9. Samenanlage einer Angiospermen-Pflanze im Fruchtknoten (f) eingeschlossen, Durchschnitt. n) Eikern, i) inneres, a) äußeres Integument m) Mikropyle, e) Embryosack, ei) Eizelle mit den Gehilfinnen, g) Gegenfüßlerinnen (vergrößert).

bryosack vordringt. Die ganze Samenknospe steht bei den Gymnospermen frei auf dem Fruchtblatt, bei den Angiospermen in einem geschlossenen, durch ein oder mehrere Fruchtblätter gebildeten Fruchtknoten, welcher oben in ein oder mehrere Narben ausläuft. Diese Narben sind teils durch ihren anatomischen Bau, teils durch die Absonderung klebriger Stoffe besonders zur Aufnahme und zum Festhalten der Pollenkörner befähigt, und sobald die letzteren auf die Narbe gelangt sind, keimen sie, durch die Narbenflüssigkeit angeregt, aus, treiben einen oft recht langen Keimschlauch durch den Griffel in den Fruchtknoten bis zur Samenanlage, der Keimschlauch dringt durch die Mikropyle bis zum Embryosack und befruchtet die Eizelle, indem ein Teil seines Inhaltes in jene übertritt.

Digitized by Google

Die männlichen Geschlechtsorgane werden durch die Pollensäcke repräsentiert, welche an besonders gebildeten Blattorganen stehen und mit diesen die Staubblätter oder Antheren bilden. In jedem Pollensack entstehen, ganz wie die Mikrosporen in den Mikrosporangien, zahlreiche Pollenkörner, welche bei der Reife aus den sich öffnenden Pollensäcken hervortreten und entweder durch den Wind oder durch Insekten auf die Narben gelangen. Vorher jedoch vollzieht sich in ihnen eine Zweiteilung, welche dadurch herbeigeführt wird, daß sich eine dem Prothallium der Mikrosporen entsprechende kleine vegetative Zelle abgliedert, die selbst sich in einigen Fällen noch weiter teilen kann. Ist das Pollenkorn auf die Narbe gelangt, so treibt es einen Keimschlauch; die Wand, welche die vegetative Zelle abgliedert, wird meist aufgelöst, und auch der Inhalt dieser Zelle wandert in den Pollenschlauch, welcher nun zwei Zellkerne, den generativen und den der letzteren Zelle, den vegetativen, besitzt; aber nur der erstere tritt in die Eizelle über und befruchtet diese.

Nach der Befruchtung entsteht durch wiederholte Zweiteilung aus der Eizelle der Embryo (Fig. 10), d. h. die An-



Figur 10. Embryo von Capsella bursa pastoris (vergrößert).

lage der jungen Pflanze, während gleichzeitig im Embryosack eine Zellbildung eintritt, die zur Entstehung des Endosperms führt. Nach einiger Zeit, bei der „Reife" des Samens, tritt ein Stillstand in der Entwicklung ein, der bis dahin mit der Mutterpflanze in Zusammenhang befindliche Samen löst sich

Digitized by Google

los, macht gewöhnlich eine Ruheperiode durch und keimt schließlich, indem der Embryo die ihn umschließenden Hüllen durchbricht und als junges Keimpflänzchen zutage tritt. Die weitere Entwicklung der befruchteten Eizelle weicht also durch die Samenbildung nicht unwesentlich von der der Pteridophyten ab, bei denen sich die Eizelle ohne Ruheperiode sofort zur Farnpflanze entwickelt.

Bei den Phanerogamen ist also, wie wir aus der hier nur in groben Zügen entworfenen Entwickelungsgeschichte der Fortpflanzung erkennen können, noch überall die ursprüngliche Abwechselung zwischen geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Generation, wie sie bei den Pteridophyten ausgeprägt war, wiederzuerkennen, doch sind sie beide immer mehr zu einer einzigen verschmolzen, die den Charakter einer ausschließlich geschlechtlichen angenommen hat. Unterdrückt ist allerdings die eigentliche geschlechtliche Generation, aber die Geschlechtsorgane sind erhalten geblieben und auf die ursprünglich ungeschlechtliche übergegangen. Von den Farnen an läßt sich deutlich erkennen, daß die aus den Sporen hervorgehende, also ohne geschlechtliche Befruchtung entstandene Generation, immer mehr reduziert wird, während die aus der Befruchtung der Eizelle entstehende Generation sich immer kräftiger entwickelt und immer mehr die Funktionen der anderen übernimmt.

Sind aber bei den Farnen die männlichen Geschlechtszellen noch beweglich und können sich selbst den Weg zu den Eizellen suchen, so ist dies bei den Blütenpflanzen nicht mehr der Fall, hier müssen fremde Kräfte die Vermittelung übernehmen. Aus der Anpassung an die Vermittelung dieser fremden Kräfte hat sich nun eine solche Mannigfaltigkeit der Blüteneinrichtungen entwickelt, daß dieses so hochinteressante Gebiet in einem besonderen Abschnitt in etwas ausführlicherer Weise besprochen werden muß.

Neben der geschlechtlichen resp. ungeschlechtlichen Fort-

Digitized by Google

pflanzung kommt bei den meisten Pflanzen auch noch eine rein vegetative Vermehrung vor, die allerdings nicht immer in der normalen Entwickelung einer Pflanze begründet ist, sondern oft künstlich herbeigeführt wird. Solche künstliche Vermehrung wird beispielsweise durch Stecklinge oder Ableger bewirkt, eine Form der Vermehrung, die namentlich in der Gärtnerei viel angewandt wird, aber auch anderweitig, z. B. bei Weidenanlagen und im Rebbau, ausgedehnte Verwendung findet. Viele Pflanzen lassen sich freilich auf diese Weise nicht vermehren, z. B. die Obstbäume.

Bei vielen Pflanzen ist aber eine ausgiebige vegetative Vermehrung von Haus aus vorhanden, namentlich bei vielen Kryptogamen, aber auch bei Phanerogamen, denen z. B. Ausläufer, Knollen, Zwiebeln, Brutknospen usw. hierzu dienen. Ganz eigentümlich gestalten sich die der vegetativen Vermehrung dienenden Organe, z. B. bei einem Kaktus, Mamillaria gracilis, bei welchem sich kleine rundliche, etwa haselnußgroße Seitensprossen bilden, die mit Stacheln bewehrt sind und außerordentlich leicht abbrechen, im Pelz von Tieren oder an Kleidern Vorübergehender mit ihren Stacheln hängen bleiben und verschleppt werden. Fallen sie dann ab, so wurzeln sie leicht und bilden neue Pflanzen.

Auf eine andere vegetative Vermehrung mag hier ebenfalls noch kurz hingewiesen werden, auf das Veredeln von Wildlingen mit Kulturformen derselben oder ähnlicher nahe verwandter Arten. Es ist eine bekannte Tatsache, daß z. B. unsere vortrefflichen Obstsorten sich nicht durch Samen vermehren lassen; die aus Samen der feinsten Äpfel gezogenen Pflanzen geben fast stets nur wilde Holzäpfel. Diese Rückschläge auf die Stammformen bedingen, daß man die Kulturformen auf vegetativem Wege vermehren muß, und da sich Stecklinge von den Obstsorten gar nicht oder nur mit großer Mühe erziehen lassen, greift man zu dem Mittel der Veredelung, wobei auf verschie-

Digitized by Google

dene Weise Teile der Kulturformen (Augen, Reiser) auf Wildlinge übertragen werden, mit diesen verwachsen und eine organische Einheit bilden. Durch Entfernung der Sprosse des Wildlings entwickelt sich dann auf dem Stämmchen desselben nur die Kulturform. Auch bei anderen Pflanzen, die eine Vermehrung durch Stecklinge sehr wohl zulassen, wird die Veredelung öfter aus anderen Gründen angewendet, so vielfach bei Rosen, um auf dem höher werdenden Stämmchen des Wildlings die sonst niedrig bleibenden Kulturformen zu erziehen.

II. Kapitel.

Kreuzung und Selbstbefruchtung.

Aus dem vorigen Abschnitt ist ersichtlich, daß die Blütenpflanzen bei der geschlechtlichen Fortpflanzung auf äußere mechanische Kräfte zur Übertragung des Blütenstaubes oder Pollens angewiesen sind, und man müßte denken, daß sich danach die Blüten eigentlich so gestaltet hätten, daß alle Geschlechtsorgane immer möglichst nahe zusammenstehen, um diesen äußeren Kräften die Übertragung so leicht wie möglich zu machen. Dies trifft zwar häufig, aber durchaus nicht immer zu, wir finden sogar im Gegenteil gar nicht selten Pflanzen, bei denen männliche und weibliche Geschlechtsorgane nicht nur in verschiedenen Blüten, sondern sogar auf verschiedene Individuen verteilt sind. Durch diese Einrichtung wird natürlich die Übertragung des Blütenstaubes nicht unwesentlich schwieriger, und indem wir uns nach einer Erklärung für diese scheinbar unzweckmäßige Einrichtung umsehen, leitet uns eine nicht minder überraschende Erscheinung auf die rechte Spur.

Es gibt nämlich eine ganze Anzahl Zwitterblüten, d. h. also Blüten mit männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen,

Digitized by Google

die in irgend einer Weise Schutzvorrichtungen dagegen besitzen, daß der Blütenstaub, der Staubbeutel einer Blüte, auf die Narbe derselben Blüte gelangt. Geschieht dies dennoch zufällig oder indem man den Pollen künstlich überträgt, so keimen die Pollenkörner entweder gar nicht aus oder gelangen doch in der Regel nicht zum Embryosack, um die Eizelle zu befruchten. Diese Einrichtungen haben also sämtlich den Zweck, eine Selbstbefruchtung zu verhindern und eine Kreuzung, also eine Befruchtung durch den Pollen anderer Individuen herbeizuführen.

Eine Kreuzung scheint demnach von vornherein für die Fortpflanzung der Blütenpflanzen vorteilhafter zu sein als eine Selbstbefruchtung, und man hat dies in der Tat experimentell nachweisen können. Befruchtet man Blüten mit dem eigenen Pollen, was bei vielen Pflanzen gelingt, und sorgt dafür, daß kein fremder Blütenstaub auf die Narbe gelangen kann, z. B. durch vorsichtiges Umhüllen der Blüte mit Gaze, so entsteht Samen, der oft schon äußerlich viel weniger kräftig ausgebildet erscheint als solcher von Blüten, bei denen man ebenso sorgfältig die Befruchtung mit Pollen eines anderen Individuums vollzogen hat. Noch deutlicher wird dies in der Regel an den aus dem Samen hervorgehenden Pflanzen. Die durch Selbstbefruchtung entstandenen Samen liefern schwächlichere Pflanzen als die durch Kreuzung. Setzt man diese Versuche mehrere Generationen hindurch weiter fort, so werden die ersteren Pflanzen immer schwächlicher, immer weniger widerstandsfähig und immer weniger geeignet, im Kampfe ums Dasein mit ihren kräftigen, durch Fremdbestäubung entstandenen Artgenossen zu konkurrieren. Steht aber die Tatsache einmal fest, daß Kreuzung kräftigere Individuen liefert als Selbstbestäubung, so ist es leicht begreiflich, daß sich im Lauf der Zeit bei den Pflanzen Einrichtungen entwickelt haben, die für die Kreuzung günstiger sind, als für die Selbstbestäubung.

Digitized by Google

Diese im allgemeinen bei den Blütenpflanzen gültige Regel erleidet allerdings gewisse Ausnahmen, indem es nicht nur Pflanzen gibt, bei denen Selbstbefruchtung ohne nachweisbaren Einfluß auf die Nachkommen bleibt, sondern auch Pflanzen, bei denen die Blüteneinrichtung sogar eine Fremdbestäubung direkt verhindert. Eine solche ist z. B. die im zeitigen Frühjahr auf Äckern nicht gerade seltene, stengelumfassende Taubnessel, Lamium amplexicaule var. clandestinum. Bei der gewöhnlichen Form, die fast das ganze Jahr hindurch blühend angetroffen wird, sind die Blüten allerdings geöffnet

Figur 11. **Lamium amplexicaule**, normale geöffnete Blüte; b) kleistogame Blüte von var. clandestinum (schwach vergrößert).

Winterschlaf erwacht sind, um die Kreuzung zu bewirken. Die und dem Insektenbesuch zugänglich, also auch für Fremdbestäubung eingerichtet; die var. clandestinum, die namentlich im zeitigen Frühjahr vorkommt, besitzt aber verkümmerte Blüten, die sich nicht genügend öffnen, um eine Fremdbestäubung zuzulassen. Beide Formen sind übrigens durchaus nicht so scharf geschieden, und die var. clandestinum geht gar nicht selten in die Normalform über. Oft findet man sie schon im Februar bei warmer Witterung in Blüte, und es ist charakteristisch, daß dann die Hauptform, die für Insektenbesuch eingerichtet ist, noch nicht blüht, während die var. clandestinum gewöhnlich zu einer Zeit am häufigsten auftritt, wenn noch keine Insekten aus dem

Digitized by Google

var. clandestinum liefert keimfähige, normale Samen, aus denen sich bei Kultur im Garten in der Regel die Normalform entwickelt (Fig. 11).

Blüten, die sich, wie bei der eben beschriebenen Varietät der stengelumfassenden Taubnessel, nicht öffnen, nennt man kleistogam; sie kommen auch noch bei anderen Pflanzenarten vor, so bei dem Sauerklee Oxalis acetosella, bei Balsaminen (Impatiens) und bei Veilchen (Viola). Gewöhnlich entwickeln solche Blüten sehr viel weniger Pollenkörner, als auf Insektenbestäubung angewiesene Blüten, und die Pollenkörner treiben oft schon von den Antheren aus direkt nach der Narbe ihre Pollenschläuche.

Immerhin müssen wir aber solche Erscheinungen, wie die Kleistogamie bei Insektenblütlern, als nicht normal und als eine Art Rückbildung auffassen, wie ja auch die Blüten selbst bei Kleistogamie mehr oder weniger verkümmert sind. Andererseits ist es wieder eine Anpassung an ungünstige Verhältnisse, an mangelnden Insektenbesuch, der der Pflanze eine weitere Vermehrung ohne Kreuzung gestattet. Eine solche Anpassung finden wir aber in sehr verschiedener Weise bei einer großen Zahl von Pflanzen ausgebildet bei Blüten, die auf Bestäubung durch Insekten eingerichtet sind, aber falls die Insekten ausbleiben, eine Selbstbefruchtung ermöglichen. Fast allgemein findet man aber dabei, daß beim Aufblühen und während der ersten Zeit des Blühens eine Selbstbefruchtung unmöglich ist und erst in einem späteren Stadium des Blühens infolge von verschiedenartigen Veränderungen in den Blütenteilen erfolgen kann. Die Blüte ist also so eingerichtet, daß die Kreuzung bevorzugt wird, und erst wenn diese ausbleibt, eine Selbstbefruchtung zugelassen wird.

Die Zahl der verschiedenen Einrichtungen, die eine Selbstbefruchtung oder Autogamie beim Ausbleiben von Fremdbestäubung ermöglichen, ist außerordentlich groß, indessen kann man doch gewisse Gruppen unterscheiden.

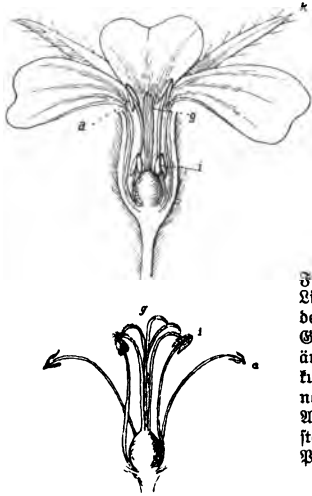
Digitized by Google

Der einfachste Fall ist der, daß der Pollen beim Ausstäuben direkt auf die Narbe fällt. Beim Schneeglöckchen (Galanthus nivalis) hängen die Blüten herab, und der über die Staubblätter herausragende Griffel fängt mit seinen Narbenlappen den herabfallenden Pollen beim Ausstäuben auf. Bei den aufrechten Blüten des Flieders dagegen ist die Narbe tiefer gelegen als die Antheren, der Pollen fällt beim Ausstäuben an den Wänden der Blumenkronröhre herab und wird hierdurch gewissermaßen auf die Narbe geleitet. Noch einfacher gestaltet sich der Vorgang bei denjenigen Pflanzen, bei denen die Antheren beim Aufblühen der Narbe anliegen und diese sofort beim Ausstäuben mit Pollen belegen. Dieser Vorgang ist beispielsweise bei dem Steinsamen, Lithospermum arvense, und bei einem Storchschnabel, Geranium pusillum, beobachtet worden. Es ist aber hervorzuheben, daß alle diese Pflanzen proterogyn sind, die Narben also eher empfängnisfähig sind, als die Antheren derselben Blüte ausstäuben. Die Möglichkeit einer Fremdbestäubung durch Insekten ist also in allen Fällen vorhanden und sogar in den Vordergrund gestellt.

Die zweite Gruppe umfaßt diejenigen Blüten, bei welchen die Autogamie durch irgend welche Veränderungen in der Stellung der Antheren herbeigeführt wird. Im einfachsten Falle geschieht dies in der Weise, daß die ursprünglich tieferstehenden Antheren durch Wachstum der Staubfäden bis an die Narbe emporgehoben werden und dann ihren Blütenstaub darauf abladen. Auch hier ist die Narbe fast stets schon vorher empfängnisfähig und kann also durch die Pollen anderer Blüten bestäubt werden. Zu dieser Pflanzengruppe gehören zahlreiche Arten, namentlich auch viele Nelken und kreuzblütige Gewächse (Kruziferen). Bei der Kornrade (Agrostemma Githago) ist der Vorgang etwa folgender: Beim Aufblühen bleiben zunächst die fünf Narben oder Griffel geschlossen, während die äußeren, den Kelchblättern gegenüberstehenden Staubblätter bereits aus-

Digitized by Google

stäuben und blütenbesuchenden Insekten Pollen abgeben. Erst nach dem Ausstäuben der äußeren Staubblätter breiten sich die Narben auseinander und können nun von Insekten mit dem Pollen anderer Blüten belegt werden, die Staubblätter des inneren, den Kronblättern gegenüberstehenden Kreises zeigen jedoch zunächst noch geschlossene Antheren. Nach einiger Zeit



Figur 12. Blüte der Kornrade. Links oben äußere Antheren a vor dem Ausstäuben, innere i noch am Grunde, Narben geschlossen. Rechts äußere Antheren ausgestäubt, innere kurz vor dem Ausstäuben, Griffel noch geschlossen. Links unten äußere Antheren weggebogen, innere ausstäubend, Narben g sich von diesen Pollen holend (natürliche Größe).

wachsen aber die Staubblätter des inneren Kreises so weit in die Höhe, daß die Narben von den Antheren berührt werden, die letzteren springen dann auf und streuen ihren Pollen auf die Narben (Fig. 12).

Ebenso häufig kommt es vor, daß die Selbstbestäubung durch die Staubblätter in der Weise bewirkt wird, daß sie, ursprünglich von der Narbe abstehend, sich auf diese zu bewegen und ihren Pollen ablagern. Bei Alyssum calicynum, einer

Digitized by Google

Schildkrautart, sind von den sechs Staubblättern die vier längeren ungefähr ebensolang wie die Fruchtknoten mit den Narben, die Antheren stehen also mit letzteren in gleicher Höhe, aber von ihnen abgewendet, und bleiben zunächst beim Aufblühen noch geschlossen. Später öffnen sich die Antheren, ohne daß jedoch die Staubblätter sich der Narbe nähern; dies geschieht vielmehr erst gegen Ende des Blühens; die steifen und geraden Staubblätter treten in eine zur Blütenachse mehr senkrechte Richtung und rücken dabei so dicht an die Narbe, daß die letztere mit Pollen belegt wird.

Sehr häufig ist auch der Fall, daß die Staubblätter anfangs gerade gestreckt sind und sich von den Narben abwenden. Erst später, nachdem die Narben schon kürzere oder längere Zeit empfängnisfähig waren, krümmen sie sich bogenförmig mit der Spitze nach innen, so daß die sich öffnenden oder bereits geöffneten Antheren auf die Narbe zu liegen kommen und dort ihren Pollen abgeben. Oder die Staubfäden sind schon beim Aufblühen gekrümmt und die Krümmung schreitet nur während des Blühens weiter fort, bis die Antheren auf den Narben liegen und hier den Pollen ablagern. Dies ist bei zahlreichen Doldenpflanzen (Umbelliferen) der Fall.

Eine dritte Gruppe wird durch diejenigen Blüten gebildet, bei denen die Autogamie durch irgend welche Veränderungen in der Lage oder Länge der Griffel bewirkt wird, wobei sich also die Narben den Pollen von den Staubgefäßen holen. Im einfachsten Fall sind die Narben zuerst tiefer gestellt als die Staubblätter und lassen zunächst eine Insektenbestäubung zu; später jedoch wachsen die Griffel so weit heran, daß die Narben in gleicher Höhe mit den Antheren stehen, sich zwischen diesen hindurchschieben und dabei mit Pollen beladen. Oft kommt es dabei gleichzeitig zu einer Neigung der Antheren nach den Narben zu. Im allgemeinen ist aber diese Form der Autogamie weniger verbreitet, am interessantesten gestaltet sich

Digitized by Google

der Vorgang bei der Sockenblume (Epimedium alpinum). Zuweilen, wie bei dem Frauenmantel (Alchemilla vulgaris), wächst der Griffel in schräger Richtung nach einer der Antheren hin, die mehr oder weniger auswärts gerichtet sind. Aber auch diese Fälle sind selten.

Öfter findet man, daß der anfangs gerade gestreckte Griffel während des Blühens sich krümmt und dadurch die Narbe zu den Antheren bringt und bewirkt, daß sie sich mit Pollen beladen kann. Oder die Narbe wird erst durch Krümmung des Griffels in eine Lage gebracht, daß der aus den Antheren ausstäubende Pollen auf sie fällt. Sehr häufig sind es auch die anfangs mehr aufrechten Narben, welche sich durch Krümmung oder Aufrollung an die Antheren legen. Bei der Nachtkerze (Oenothera biennis) sind beispielsweise die vier Narben beim Aufblühen zusammengelegt und der Griffel selbst ist seitwärts gekrümmt, so daß zunächst auch eine Bestäubung durch Insekten, die gar nicht beim Blütenbesuch an die Narbe gelangen, unmöglich ist. Nach einiger Zeit richtet sich der Griffel auf, die Narben falten sich auseinander und stehen nun über den Antheren. Während dieser Zeit ist nur Bestäubung durch Insekten möglich. Schließlich aber rollen sich die Narben nach außen um und berühren so die offenen Staubbeutel, an denen sie sich mit Pollen beladen.

In anderen Fällen rollen sich Staubblätter und Griffel vor dem Verblühen spiralig ein, so daß sie, falls bis dahin keine Bestäubung durch Insekten stattgefunden hat, nun so eng zusammenliegen, daß Autogamie sehr leicht ermöglicht wird. Sehr gut beobachten kann man diesen Vorgang bei einer in unseren Gärten viel gezogenen Zierblume, Mirabilis Jalapa, Wunderblume oder Nachtblume genannt.

Sehr oft lagern die Antheren den Pollen nicht direkt auf den Narben ab, sondern an irgend welchen Blütenteilen, und hier holen ihn die Narben durch irgend welche Lageverände-

Digitized by Google

rungen ab, oft, nachdem die Staubblätter schon längst verwelkt oder geschrumpft sind. Nicht selten ist der Griffel selbst eine solche Ablagerungsstätte und zu diesem Zwecke mit Haaren besetzt, die den Pollen von den Antheren abstreifen. Die anfangs aufrechten oder ausgebreiteten Narben rollen sich dann nach außen um und nehmen dann den in den Haaren sitzen gebliebenen Pollen auf. Dieser Vorgang ist sehr schön bei vielen Glockenblumen zu beobachten. In anderen Fällen, z. B. bei Senecio viscosus, tragen die borstenförmigen Haare, zu denen sich der Kelch entwickelt, die Pollenkörner, und die Narben krümmen sich zu den allmählich emporwachsenden Borsten, um sich mit Pollen zu beladen. In allen diesen Fällen ist aber die Autogamie erst dann möglich, nachdem vorher den Insekten genügend Zeit zur Vermittlung der Kreuzung gegeben war.

In einer vierten Gruppe von Blüten wird die Autogamie durch die Blumenblätter vermittelt. Bei der Sperlingsblume (Thymelaea Passerina) kommt die Autogamie in der Weise zu stande, daß sich die an sich enge Blumenkronröhre gegen Ende des Blühens noch mehr verengt und so die Antheren an die Narben preßt. Bei vielen Solanaceen, z. B. Tabak (Nicotiana), Bilsenkraut (Hyoscyamus), streckt sich die Blumenkronröhre mit den ihr angewachsenen Staubblättern, bis die Antheren den Narben anliegen und so den Pollen abgeben können. In seltenen Fällen übernimmt der Kelch die gleiche Rolle wie die Blumenkrone.

In sehr vielen Fällen kommt die Autogamie dadurch zu stande, daß sich die Blüten nach einiger Zeit des Blühens schließen. Die geöffneten Blüten haben dann eine Kreuzung durch Insekten ermöglicht, beim Schließen pressen sie die Staubblätter an die Narbe, so daß hierdurch Autogamie herbeigeführt wird. Nicht selten kommt es dabei auch noch zu einer Drehung der Blumenkrone, wie bei manchen Gentianeen, wodurch eine Berührung der Narbe mit den Antheren oder

Digitized by Google

mit den Stellen, an denen diese ihren Pollen abgelagert haben, noch sicherer herbeigeführt wird. Sehr oft lagern nämlich die Antheren ihren Pollen auch an behaarte Stellen der Blumenkrone ab, und erst von dieser, oft erst, nachdem sie inzwischen in die Höhe der Narben herangewachsen ist, werden die letzteren mit Pollen belegt.

In nicht wenigen Fällen kommt schließlich Autogamie dadurch zu stande, daß durch Krümmung des Blütenstieles allein oder durch diese und gleichzeitig eintretende Krümmungen von Griffel oder Staubblättern die Stellung der Narben zu den Antheren sich derart ändert, daß sie den ausstäubenden Pollen auffangen können. Durch einfache Krümmung des Blütenstieles werden, z. B. bei einigen Rosaceen (Dryas octopetala, Geum coccineum) die Narben senkrecht unter die Antheren gestellt, so daß der ausstäubende Pollen auf sie fällt. In anderen Fällen wird diese Stellung der Narben dadurch erreicht, daß sich außer dem Blütenstiel auch die Staubblätter oder die Griffel selbst in entsprechender Weise krümmen. Unter Umständen kann auch eine Faltung der Blumenkrone oder eine Verlängerung derselben mit der Krümmung der Blütenstiele Hand in Hand gehen und so zur Autogamie führen.

Autogamie findet schließlich noch bei einigen Wasserpflanzen unter abnormen Verhältnissen des Wasserstandes statt. Wenn nämlich z. B. bei Limosella aquatica der Wasserstand plötzlich so erheblich steigt, daß die Blüten auch durch eine Verlängerung der Blütenstiele nicht mehr an die Oberfläche gelangen und sich hier öffnen können, so bleiben sie unter Wasser geschlossen, es bildet sich zwischen den Blumenblättern eine Luftschicht, die Antheren stäuben aus und der Pollen gelangt auf die Narben.

Es zeigt sich aber in diesem, wie in den meisten anderen Fällen, daß die Selbstbestäubung nur dann eintritt, wenn aus irgend einem anderen Grunde Fremdbestäubung ausbleibt;

Digitized by Google

die Möglichkeit der Selbstbestäubung ist bei sehr vielen Pflanzen vorhanden, aber sie tritt bei den weitaus meisten erst ein, wenn vorher längere oder kürzere Zeit hindurch die Blüten der Fremdbestäubung ausschließlich zugänglich waren. Deshalb finden wir sehr allgemein verbreitet bei ein und derselben Blüte Einrichtungen zur Verhinderung der Autogamie und Einrichtungen, welche dieselbe begünstigen, nur daß dieselben zeitlich nacheinander funktionieren und daß die letzteren erst zur Entwicklung kommen, wenn die ersteren ihre Dienste getan haben. Ja ganz allgemein ist auch die Erscheinung, daß sich die Einrichtungen zur Selbstbestäubung gar nicht oder nur unvollkommen entwickeln, wenn vorher eine Fremdbestäubung stattgefunden hat, wenn sie also unnötig geworden sind.

Im Gegensatz zu diesen Einrichtungen, welche entweder von vornherein eine Selbstbestäubung bezwecken oder doch, im Falle eine andere Vermittelung ausbleibt, ermöglichen, steht nun die große Zahl der Blüteneinrichtungen, welche eine solche Selbstbestäubung verhindern sollen. Diese Einrichtungen wirken entweder dauernd oder nur vorübergehend; im ersteren Falle kommt es also bei mangelnder Fremdbestäubung überhaupt nicht zur Befruchtung, im letzteren wird dann wenigstens noch eine Selbstbestäubung ermöglicht.

Hier dient in erster Linie die Verteilung der Geschlechter auf verschiedene Pflanzen, die Diöcie dazu, eine Selbstbestäubung unmöglich zu machen. Es sind dann in den männlichen Blüten die weiblichen Organe und in den weiblichen Blüten die männlichen Organe mehr oder weniger verkümmert, oft ganz verschwunden, und das eine Individuum trägt nur männliche, das andere nur weibliche Blüten. Diese Einrichtung ist verbreitet und kommt auch bei einigen unserer wild wachsenden Pflanzen vor, z. B. bei Urtica dioica, der Brennessel, bei vielen Weiden- und Pappelarten, auch beim Hanf. In seltenen Fällen kommen neben Individuen mit eingeschlechtigen Blüten auch

Digitized by Google

solche mit Zwitterblüten vor (Esche). Es gibt dann also männliche, weibliche und Zwitterblüten tragende Individuen.

Auch die Monöcie verhindert wenigstens die Befruchtung durch die Organe derselben Blüte, indem bei monöcischen Pflanzen männliche und weibliche Geschlechtsorgane ebenfalls auf verschiedene Blüten verteilt sind, die allerdings auf derselben Pflanze entwickelt werden (z. B. Kukurbitaceen, Nadelhölzer).

Die große Mehrzahl der Pflanzen besitzt aber Zwitterblüten also Blüten, die gleichzeitig Staubblätter und Fruchtknoten enthalten. Gewöhnlich tritt dann, um eine Selbstbestäubung zu verhindern, die Entwicklung von weiblichen und männlichen Organen zu verschiedenen Zeiten ein (Dichogamie). Stäuben die Staubgefäße aus, ehe die Narben empfängnisfähig sind, so heißen die Blüten proterandrisch, sind die Narben eher empfängnisfähig, als die Antheren ausstäuben, so nennt man die Blüten proterogyn. Als Beispiele für den ersteren Fall können z. B. die meisten Kompositen und Kampanulaceen, für den letzteren Fall Arten der Gattung Plantago und die Nieswurz (Helleborus foetidus) dienen. Bei der letzteren sind die Narben anfangs um einige Millimeter höher als die Antheren, und nach außen gebogen; später wachsen die Staubblätter bis zur Höhe der Narben heran und springen erst auf, wenn die Narben bereits verwelkt sind.

Übrigens sind proterandrische und protogyne Blüten auch schon bei ein und derselben Pflanzenart beobachtet worden. Es gibt z. B. bei der Walnuß (Juglans) und auch bei der Haselnuß (Corylus) Individuen, welche proterandrisch, und andere, welche proterogyn sind.

Im Gegensatz zu diesen dichogamen stehen die homogamen Blüten, bei denen männliche und weibliche Organe gleichzeitig entwickelt sind. Freilich ist zwischen beiden Gruppen keine große Kluft vorhanden, sondern sie sind durch allmähliche Übergänge

Digitized by Google

verbunden; bei vielen tritt die Entwicklung der Antheren vor der der Narben, oder umgekehrt nur um einen so kurzen Zeitraum früher ein, daß man ebensogut von homogamen als von schwach dichogamen Blüten reden kann. Auch kommen bei manchen Arten, z. B. bei Ajuga reptans, neben den gewöhnlichen Individuen mit homogamen Blüten auch vereinzelte mit proterandrischen oder proterogynen Blüten vor.

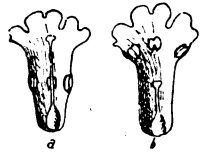
Ein anderes Mittel zur Verhinderung der Selbstbestäubung ist die Herkogamie, welche bei Zwitterblüten dadurch zu stande kommt, daß Staubgefäße und Narben in sehr mannigfaltiger Weise voneinander so getrennt sind, daß der Blütenstaub nicht auf die Narben gelangen kann, trotzdem männliche

Figur 13. Androeceum einer Orchidee. Links die Pollinodien, eingeschlossen; rechts ein Pollinodium in seiner Lage in der Anthere (schwach vergrößert).

und weibliche Organe gleichzeitig entwickelt sind. Die Einrichtungen hierbei sind sehr verschiedenartig, am auffallendsten vielleicht bei den Orchideen, bei denen die Pollenmassen zu kleinen keulenförmigen, gestielten Körperchen (Pollinodien) vereinigt und verklebt eingeschlossen bleiben, und mit ihren Stielchen an den Köpfen und Rüsseln der Insekten beim Blütenbesuch hängen bleiben (Fig. 13). Erst wenn das Insekt die Blüte verläßt, werden die abstehenden Pollinodien aus den Antheren herausgezogen und kommen so gar nicht in Berührung mit den Narben derselben Blüten. Die Stielchen der Pollinodien krümmen sich aber nach dem Herausziehen sehr rasch, so daß beim Besuch der nächsten Blüten die Pollinodien auf die Narben gepreßt werden und dort einen Teil des Pollens abgeben. Blei-

ben die Insekten aus, so kommt auch keine Befruchtung zu stande, weil die Pollinodien in den Antherenfächern stecken bleiben und schließlich vertrocknen. Bei monöcischen Pflanzen kommt Herkogamie dadurch zu stande, daß männliche und weibliche Blüten räumlich mehr oder weniger gesondert sind; so stehen bei den Koniferen die weiblichen Blüten meist höher als die männlichen.

Eine ebenfalls sehr auffallende Einrichtung zur Vermeidung der Selbstbestäubung ist die Heterostylie, die allerdings nicht so verbreitet ist als die anderen demselben Zweck dienenden Blüteneinrichtungen. Hierbei stehen Antheren und Narben in verschiedener Höhe in der Blüte, aber so, daß in den Blüten



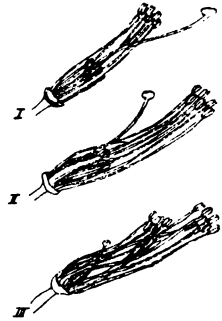
Figur 14. **Primula officinalis.** a) Langgrifflige Form mit tiefstehenden Antheren; b) kurzgrifflige Blüte mit hochstehenden Antheren.

des einen Stockes die Narben über den Antheren, in denen eines anderen Stockes die Antheren über den Narben stehen. Man unterscheidet hier langgrifflige und kurzgrifflige Formen; die Narben stehen dann in der einen Blüte so hoch, als die Staubbeutel in der anderen und umgekehrt. Gibt es dabei nur zwei verschiedene Stellungen der Staubbeutel und Narben, wie das gewöhnlich der Fall ist, so spricht man von dimorpher Heterostylie, für welche wir in den Primeln ein ausgezeichnetes Beispiel besitzen. (Vgl. Fig. 14 und Erklärung.)

Bei dem Schotenweiderich, Lythrum salicaria, findet sich jedoch trimorphe Heterostylie. Hier stehen die Staubblätter in zwei Kreisen, und die Narben stehen entweder über oder unter oder zwischen den Staubblattkreisen, und man findet

Digitized by Google

Pflanzen mit langgriffligen, kurzgriffligen und mittelgriffligen Blüten. Bei dieser Einrichtung können die Narben der Regel nach nur von dem Pollen anderer Blüten befruchtet werden, und zwar von denjenigen, deren Antheren jeweils in gleicher Höhe mit den Narben der zu befruchtenden Blüte stehen. Einmal liegt dies daran, daß die Insekten, welche die Befruchtung vermitteln, den in der einen Blüte aufgenommenen Pollen erst in der nächsten abladen, dann aber zeigt sich noch eine be-



Figur 15. Androeceum und Gynaeceum von Lythrum salicaria.
I. Blüte mit langem Griffel, kurzen und mittellangen Staubblättern;
II. Blüte mit mittellangem Griffel, kurzen und langen Staubblättern;
III. Blüte mit kurzem Griffel, mittellangen und langen Staubblättern.

sondere Einrichtung in der Größe der Pollenkörner und der Narbenpapillen. Die Pollenkörner passen nämlich genau in die Vertiefungen, welche zwischen den Narbenpapillen vorhanden sind, aber in der Weise, daß nur immer Pollenkörner von Antheren, die in gleicher Höhe mit den Narben stehen, in die Narbengruben passen. Die am höchsten stehenden Antheren besitzen die größten Pollenkörner, welche nur in die Gruben ebenso hoch stehender Narben, nicht mehr in diejenigen der mittelgriffligen oder gar kurzgriffligen Blüten passen usw. (Vgl. Fig. 15 und Erklärung.) Die Bestäubung von Narben durch

Digitized by Google

den Pollen gleich hoch stehender Antheren nennt man legitime Bestäubung, durch höher oder niedriger stehende illegitime Bestäubung; die letztere kommt nicht nur selten vor, sondern liefert auch, wie Versuche gezeigt haben, sehr viel weniger Samenkörner. Noch weniger Samenkörner bilden sich bei künstlicher Selbstbestäubung.

Selten kommt es auch zur Ausbildung von Enantiostylie, wobei die Griffel mit den Narben nach einer anderen Seite gerichtet sind als die Antheren; es gibt dann rechtsgrifflige und linksgrifflige Blüten, die entweder auf verschiedene Individuen verteilt sind oder auf ein und demselben vorkommen können. Im letzteren Falle sind aber immer nur rechtsgrifflige oder nur linksgrifflige Blüten gleichzeitig auf einer Pflanze geöffnet, die blütenbesuchenden Insekten beladen sich daher immer nur auf der einen Seite mit Pollen, die von der Narbe abgewendet ist, und erst beim Besuch einer anderen Pflanze, in deren Blüten Narben und Antheren umgekehrt gestellt sind, laden sie den früher aufgenommenen Pollen auf die Narben ab. Ein schönes Beispiel hierfür bieten die Arten der Gattung Cassia.

Schließlich mag noch die ziemlich verbreitete Selbsterilität (Autatrygie) erwähnt werden, die eine Selbstbestäubung dadurch wirkungslos macht, daß der Pollen einer Pflanze nicht auf den Narben derselben Pflanze zur Keimung gelangt (z. B. bei Aristolochia Clematitis, Corydalis cava). In manchen Fällen wirkt der Pollen sogar schädlich auf die Narbe derselben Blüte ein. Durch diese Selbsterilität wird natürlich nur eine Befruchtung durch Kreuzung möglich.

III. Kapitel.

Die Übertragung des Pollens.

Die Fremdbestäubung, die bei den Blütenpflanzen im großen und ganzen die Regel ist, kann nur dadurch zu stande

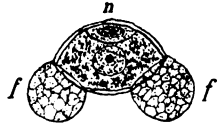
Digitized by Google

kommen, daß der Pollen durch fremde Kräfte auf die Narbe übertragen wird. Diese Übertragung wird bei einem kleineren Teil der Pflanzen durch den Wind, bei einem weit größeren durch Tiere bewirkt; in einigen wenigen Fällen nimmt auch das Wasser daran teil. Die Tiere sind wieder meist Insekten, selten Vögel (Kolibris) oder Schnecken. Man unterscheidet danach Windblütler, Insektenblütler, Kolibriblüten, Schneckenblüten. Es gibt aber auch nicht selten Arten, bei denen eine Befruchtung auf zweierlei Weise zu stande kommt; so ist Plantago media sowohl Windblütler wie Insektenblütler.

1. Die Windblütler (Anemophilen).

Die Zahl derjenigen Pflanzen, deren Blütenstaub durch den Wind übertragen wird, ist eine sehr bedeutende, und man findet gerade unter ihnen am meisten Arten vertreten, welche dicht geschlossene Bestände oder Gemeinschaften bilden, wie die Gräser, die Riedgräser, Binsen, Nadelhölzer und die meisten waldbildenden Laubhölzer. Allerdings kommen hierzu auch manche andere Arten, die, wie die Nesseln, meist nicht in großen Beständen auftreten, und noch andere, bei denen die einzelnen Pflanzen oft durch weite Wasserflächen getrennt sind, wie bei der in vieler Hinsicht interessanten Vallisneria spiralis.

In den meisten Fällen sind bei den Windblütlern die männ-



Figur 16. Pollenkorn von Pinus silvestris. n) Rudimentäres, männliches Prothallium, f) Luftsäcke (vergrößert).

feren, oder die Antheren hängen an langen, dünnen Filalichen Blüten leicht beweglich, wie die Kätzchen bei den Kupuli-

Digitized by Google

menten, wie bei den Gräsern, so daß sie beim Hin- und Herbewegen durch den Wind den Pollen leicht ausstreuen. Der Pollen selbst ist glatt, sehr leicht, zuweilen, wie bei Pinus, noch mit besonderen Luftsäcken als Flugapparat ausgestattet (Fig. 16). Die weiblichen Blüten besitzen oft lange fadenförmige, dichtbehaarte Narben, zwischen deren Haaren der Pollen leicht hängen bleibt; die Gymnospermen, die sämtlich Windblütler sind, haben keine Narben.

Viele Windblütler sind diöcisch oder monöcisch diklin, aber auch Arten mit Zwitterblüten sind sehr zahlreich, z. B. die Gräser. Die meisten sind proterandrisch, wenige proterogyn, doch kommt bei den Gräsern auch Selbstbestäubung vor (Weizen manche Sorten der Gerste), während dies bei anderen (Roggen) unmöglich ist. Die lang über die Spelzen heraushängenden Antheren öffnen sich meist plötzlich durch einen Längsriß, wobei ein Teil des Pollens ausstäubt. Durch einen Windhauch oder ein sich aufsetzendes Insekt wird eine weitere Pollenmenge entleert, die sich wie ein feines Wölkchen von der Grasblüte abhebt. Es gewährt einen äußerst interessanten Anblick, an einem warmen, sonnigen Junitage eine in voller Blüte stehende Grasfläche zu beobachten, wie fortwährend in ununterbrochener Aufeinanderfolge solche kleine, mit der Bildung eines schwachen Wölkchens verbundene Entladungen von Pollen stattfinden. Die einzelne Grasblüte ist bald verblüht und schließt sich bald wieder; das Aufblühen findet aber nur zu bestimmten Tagesstunden statt und meist nur bei sonnigem, warmem Wetter, besonders bei leichtem Winde.

Die Einrichtungen der Blüten für Bestäubung durch den Wind sind im allgemeinen ziemlich einförmig und bei weitem nicht so eigenartig, wie die bei Insektenbestäubung, was schon dadurch erklärt wird, daß die Insekten selbst so verschiedenartig gebaut sind, während die Übertragung durch den Wind eben immer in gleicher Weise geschieht.

Digitized by Google

Hier mögen auch noch diejenigen Pflanzen eine Erwähnung finden, bei denen das Wasser eine Rolle bei der Pollenübertragung spielt. Bei Vallisneria spiralis, einer in den oberitalischen Seen verbreiteten Pflanze mit grasartigen Blättern, kommen die Blüten an die Oberfläche des Wassers, die sich loslösenden männlichen Blüten schwimmen auf der Oberfläche und werden durch den Wind oder durch Strömungen zu den weiblichen Blüten hingetrieben, wo der Pollen ausstäubt und die Narben belegt. Bei einigen wenigen Wasserpflanzen wird der Pollen direkt durch das Wasser verbreitet. Bei dem Seegras, Zostera marina, haben die Pollenkörner fadenförmige Gestalt und werden aus den Antheren in das Wasser entleert; sie werden passiv an die weiblichen Blüten getrieben, die Befruchtung findet also im Wasser statt. Der Pollen hat hier genau das spezifische Gewicht des Wassers. Bei Ceratophyllum lösen sich die ganzen Antheren los. Die Pollenkörner sind bei allen diesen hydrophilen Pflanzen unempfindlich gegen Wasser, während sie sonst im Wasser rasch aufquellen, platzen und vernichtet werden.

2. Die Insektenblütler.

Die Anpassung der Blumen an Insekten, welche die Kreuzung vermitteln, und umgekehrt der Insekten an die Blumen, aus denen sie Nahrung holen und dabei unbewußt die Befruchtung vollziehen, bietet eine solche Fülle von interessanten Erscheinungen, daß dieses Kapitel den bei weitem umfangreichsten Teil der Blütenbiologie bildet.

Die Insekten suchen die Blüten der Nahrung wegen auf, und die Pflanzen brauchen die Insekten zur Übertragung des Pollens. Je leichter nun ein Schmetterling, eine Fliege oder eine Biene aus einer Blüte Nahrung entnehmen kann, und je reichlicher und wohlschmeckender die letztere ist, desto mehr wird diese Blüte anderen, weniger ergiebigen oder schwerer zu-

Digitized by Google

gänglichen von dem betreffenden Insekt vorgezogen werden. Da nun die Insekten außerordentlich verschieden gestaltet sind, so werden auch die einen besser aus dieser, die anderen besser aus jener Blütenform ihre Nahrung erringen, und wir finden deshalb auch, daß die Blüten verschiedener Pflanzen meist auch von verschiedenen Insekten besucht werden. Auch die Geschmacksrichtung der Insekten spielt dabei eine wesentliche Rolle. Der Artenkreis der Insekten, von denen eine bestimmte Blüte besucht wird, ist natürlich sehr verschieden groß. Schwer zugängliche Blüten, wie diejenigen von Lonicera Caprifolium, bieten nur besonders langrüsseligen Insekten, wie den Schwärmern, ihre Schätze; deshalb ist der Blütenbesuch wesentlich auf diese beschränkt; dagegen ist die Zahl der Insektenarten, welche z. B. Hahnenfußarten besuchen, eine sehr große, weil die Honigdrüsen dieser Blüten fast offen daliegen und auch ungeschickten Blütenbesuchern zugänglich sind.

Die Zahl der Blütenbesuchenden Insekten ist gewöhnlich größer, als diejenige von Arten, welche dabei eine Kreuzung vermitteln. Solche Insekten, die ohne Gegenleistung nur nehmen, sind natürlich für die Pflanze unnütz, ja schädlich, indem sie den Kreuzung vermittelnden Insekten die Nahrung wegnehmen und bewirken, daß die letzteren die Blüten weniger besuchen. Da haben sich denn im Lauf der Entwicklung der Pflanzenwelt Einrichtungen in den Blüten herangebildet, die einen solchen unerwünschten Insektenbesuch unmöglich machen oder doch sehr erschweren, indem die Blüten Formen angenommen haben, die nur ganz bestimmten Insektenarten den Zugang zu den Nahrungsschätzen gestatten. Umgekehrt aber haben sich auch die Insekten gewissen Blüten angepaßt, die eine von ihnen besonders bevorzugte Nahrung enthalten.

Die wichtigste Aufgabe der Pflanzen bei der Insektenbestäubung ist nun zunächst, die Insekten auf das Vorhandensein von Blüten aufmerksam zu machen, sie anzulocken. Dies ge-

Digitized by Google

schieht im wesentlichen durch die Form, die Farbe und den Duft. Während die Windblütler, für die eine solche Aufgabe nicht bebesteht, meist unscheinbare, oft blumenblattlose, kleine, geruchlose Blüten besitzen, zeichnen sich die weitaus meisten Insektenblütler durch mehr in die Augen fallende, gefärbte und oft auch duftende Blüten aus.

Der Farbe der Blüten fällt jedenfalls eine Hauptrolle zu; je intensiver die Farbe ist, je kontrastreicher sich eine Blüte von dem grünen Untergrund der Blätter abhebt, um so leichter wird sie die Aufmerksamkeit der vorüberfliegenden Insekten erregen, und um so weiter wird sie ihr Vorhandensein kund tun können. Deshalb sind die brennend roten, die gelben und weißen Blütenfarben am meisten vertreten, viel seltener sind im Verhältnis blaue und violette oder braune. In den meisten Fällen übernehmen die Blätter der Blumenkrone die Aufgabe, durch die Farbe Insekten anzulocken; zuweilen sind ihnen die Kelchblätter dabei behilflich, oder sie übernehmen diese Funktion ganz, und die Kronenblätter sind unscheinbar. Selten sind die Staubfäden so groß und intensiv, daß sie die mangelnden Reize der Blütenhülle ersetzen. Dagegen ist der Fall nicht selten, daß die Deckblätter oder besondere unterhalb der Blüten stehende Hochblätter durch ihre auffallende Färbung die Funktion der Blüten in dieser Hinsicht wesentlich unterstützen oder ganz übernehmen, wie bei unserem Wachtelweizen (Melampyrum).

Da die Blüten erst dann von dem Insektenbesuch Vorteil haben, wenn sie geöffnet sind und die Bestäubung ermöglicht ist, so entfalten sie auch ihre Pracht erst in der voll erschlossenen Blüte, während die Knospen mit unreifen Geschlechtsorganen in der Regel weniger auffällig, oft ganz unscheinbar sind. Den Knospen kann der Insektenbesuch nichts nützen; sondern höchstens schaden, und darum decken meist grüne Kelchblätter die lebhaft gefärbten Kronblätter, oder wo eine Trennung in Kelch und Krone nicht stattgefunden hat, sind die Blätter der Blüten-

Digitized by Google

hülle außen oft grün oder unscheinbar, innen lebhaft gefärbt. Bei Gagea lutea sind sie außen unscheinbar grünlich, innen intensiv gelb gefärbt, bei den meisten Ornithogalum-Arten außen grünlich, innen weiß.

Auch dadurch wirken die Blüten anlockend auf Insekten, daß sich innerhalb ein und derselben Blüte mehrere oft stark kontrastierende Farben nebeneinander finden. So sind bei Atragene alpina, der Alpenrebe, die vier äußeren Blätter der Blütenhülle groß, violett, die zahlreichen der inneren klein, schwefelgelb. Das helle Gelb dieser Blätter hebt sich scharf von dem dunkleren Violett der äußeren Blätter ab und bildet einen Kontrast, der der Anlockung der Insekten viel vorteilhafter ist, als wenn der äußere Kreis der Blütenhülle kelchfarbig grün wäre. Ähnlich kontrastreich wirken die zahlreichen, intensiv gelben Staubblätter auf dem dunkelvioletten Grunde der Blumenblätter bei Pulsatilla vulgaris, oder die gelben Staubblätter gegen den großen, purpurvioletten Fruchtknoten von Paris quadrifolia. Auch die verschiedenfarbigen Blumenblätter, die oft ganz auffallend gezeichnet sind, wirken in gleicher Weise. Mitunter wird auch durch die Zeichnung noch gewissermaßen den Insekten der Weg gezeigt, wie sie sich am besten niederlassen und zu ihrer Nahrung gelangen können.

Neben der Farbe ist die Gestalt und Größe der Blüte von Bedeutung. Je größer eine Blüte ist, auf desto größere Entfernung hin wird sie wahrgenommen. Sind die Blüten an sich klein, so treten sie doch oft zu dichten Blütenständen zusammen und üben so dieselbe Wirkung aus, wie einzelne große Blüten; das ist z. B. beim Baldrian der Fall. Sehr oft sind dann auch noch die am Rande eines solchen Blütenstandes stehenden Blüten mehr oder weniger vergrößert oder abweichend gefärbt. Bei vielen Korbblütlern sind die Randblüten sehr viel größer und zungenförmig gestaltet (z. B. bei der Kornblume), oft auch noch anders gefärbt (z. B. bei der Wucherblume, Chrysanthemum

Digitized by Google

Leucanthemum, die Randblüten weiß, die Scheibenblüten gelb). Vielfach dienen die Randblüten, z. B. bei Carlina acaulis der Eberwurz, auch nur noch dem Zweck der Insektenanlockung, sie sind unfruchtbar geworden und bilden gewissermaßen nur die Blumenblätter eines Blütenstandes, der dann in seiner Gesamtheit den Eindruck einer Blüte macht.

Kaum minder bedeutsam ist der Duft für die Anlockung der Insekten. Gewöhnlich weicht der Blütenduft sehr wesentlich von dem der andern Pflanzenteile ab, nur bei wenig Arten, z. B. den Aurikeln, kommt den Blättern und Blüten der gleiche Duft zu. Viele Blüten sind für unser Geruchsvermögen völlig duftlos, nicht aber für Insekten, wie dies für die Blüten des wilden Weins (Ampelopsis quinquefolia) sicher ist. Die ganz unscheinbaren, meist auch noch etwas verborgenen Blüten ziehen aus weiter Entfernung Bienen an; man kann beobachten daß Bienen, die in der Entfernung von vielen Metern an blühender Ampelopsis vorbeifliegen, plötzlich, sobald der Wind ihnen den Duft derselben zuträgt, in scharfem Winkel abbiegen und der Ampelopsis zufliegen. Und doch sind die Blüten für uns völlig duftlos. Aber auch die Insekten sind in verschiedener Weise für die verschiedenen Blütendüfte empfänglich. Der für uns so angenehme Duft des Geißblattes übt auf die meisten Insekten gar keine Wirkung aus; die fein empfindenden Bienen fliegen achtlos daran vorbei, nur die Dämmerungsfalter, die Schwärmer, werden von ihm angezogen, und zwar aus sehr weiten Entfernungen. Freilich duften die Blüten auch gerade zu der Zeit, wenn diese Schmetterlinge fliegen, am kräftigsten, und nur wenig am Tage.

Auch das Wohlbehagen, welches die Insekten an den verschiedenen Blütendüften empfinden, ist sehr ungleich. Es gibt Blüten, die einen intensiven Aasgeruch entwickeln, wie viele Aristolochia-Arten, die mit riesigen Blüten ausgestatteten Rafflesiaceen, manche Araceen, Blüten, die gewöhnlich auch

Digitized by Google

eine eigentümliche, trübe Färbung besitzen. Von ihnen werden die Aasfliegen, sowie Käfer, die sich an Aas aufhalten (Totengräber), aus weitem Umkreis angezogen, während sie von den honigduftliebenden Insekten gemieden werden. Die Aasfliegen suchen andererseits wieder keine honigduftenden Blüten auf.

Vielfach finden wir bei Blüten, daß sie nur während bestimmter Tageszeiten duften, oder daß ihr Duft während dieser Zeiten besonders intensiv ist. Gewöhnlich duften die Blüten zu der Zeit am stärksten, in der sie am meisten von Insekten besucht werden. Die Blüten von Silene nutans besitzen am Tage gar keinen, in der Nacht, wenn sie sich geöffnet haben, einen sehr angenehmen, an Hyacinthen erinnernden Duft.

Alle diese Eigenschaften der Blüten, Duft, Form und Farbe, haben die Aufgabe, die Insekten anzulocken und zum Besuch einzuladen; und diese folgen der Einladung, weil sie wissen, daß ihnen die leuchtenden, bunten oder duftenden Blüten die Nahrung bieten, die sie suchen. Dieselbe besteht hauptsächlich aus Honig und Blütenstaub, seltener sind es besondere Gewebe der Blüte, die von den Insekten verzehrt werden, noch seltener sind es die Blumenblätter selbst, die zur Zeit der Bestäubung zerfallen und an ihrer Oberfläche eine Flüssigkeit austreten lassen, die von den Insekten aufgenommen wird.

Blüten, welche keinen Honig absondern, besitzen gewöhnlich große Mengen von Blütenstaub, der zumeist als Nahrung für die blütenbesuchenden Insekten dient, zum kleineren Teile aber von ihnen unbewußt verschleppt und auf den Narben anderer Blüten abgelegt wird. Die Honig liefernden Blüten haben zumeist geringere Pollenmengen, da von den Honig und Pollen sammelnden Insekten gewöhnlich zuerst der Honig aufgesogen wird und dabei schon meist genügend Pollen am Körper des Besuchers hängen bleibt, um andere Blüten zu befruchten.

Der Pollen ist gewöhnlich leicht zugänglich und kann auch von ungeschickten und weniger gut ausgerüsteten Blütenbe-

Digitized by Google

suchern ohne Mühe erlangt werden. Der Honig dagegen wird sehr oft an Stellen in der Blüte abgesondert, die nicht ohne weiteres von jedem Insekt erreicht werden können.

Zunächst müssen die Insekten, welche Blüten besuchen und die Übertragung des Pollens vermitteln sollen, einen Punkt in der Blüte haben, an welchem sie sich in einer für die Beladung mit Pollen günstigen Stellung niederlassen können. Denn nur wenige Insekten, Schwärmer und einige Fliegen, außerdem die honigsaugenden Kolibris, lassen sich auf den Blüten nicht nieder, sondern suchen die Nahrung im Schweben zu erlangen. Diese Anflugspunkte sind außerordentlich verschiedenartig und

Figur 17. Blüte des Löwenmauls.

fast für jede Blüte etwas anders, immer aber so, daß sie für die erwünschten Blütenbesucher günstig, für die unerwünschten ungünstig gelegen sind. Bald sind es die Griffel oder Staubfäden, welche als Anflugspunkte dienen, bald die Blütenhülle oder besonders gestaltete Teile derselben. In auffallender Weise sind sie z. B. bei vielen Orchideen ausgebildet, wo das große, nach unten gerichtete Blatt allerlei Höcker und Vorsprünge trägt, die einen günstigen Ruheplatz für das honigsuchende Tier bieten, gleichzeitig aber so gelegen sind, daß die sich darauf niederlassenden Insekten mit den klebrigen Stielchen der Pollinoidien in Berührung kommen, und die letzteren

Digitized by Google

beim Besuch einer anderen Blüte derselben Pflanzenart auf die Narben pressen müssen. Erwähnt mag auch noch werden, daß bei manchen Blüten (z. B. Löwenmaul, Antirrhinum [Fig. 17]) der Zugang zum Blütengrunde für gewöhnlich geschlossen ist und für kleinere, der Pollenübertragung nicht dienende Insekten auch geschlossen bleibt, selbst wenn sie sich richtig auf den Anflugspunkt niederlassen. Bei größeren, schwereren Insekten, die sich auf der als Anflugspunkt dienenden Unterlippe der Blumenkrone niederlassen, klappt diese jedoch herunter, und der Zugang zum Blütengrunde öffnet sich. Die Insekten, z. B. Hummeln, kriechen nun hinein, und da sie den Raum ganz ausfüllen, müssen sie notwendig auch die Antheren streifen und sich mit Pollen beladen, den sie dann beim Besuch der nächsten Blüte auf der Narbe abladen. Dieselbe Einrichtung ist also hier für die der Pollenübertragung dienenden größeren Insekten günstig, verhindert aber die kleineren, die bei ihrer geringeren Größe sich nicht mit Pollen beladen würden, daran die Honigschätze zu heben.

Die Einrichtungen, um den Besuch unerwünschter Gäste zu verhindern, sind bei den Blüten ebenfalls sehr mannigfaltig. Gegen flügellose Insekten, die für die Pollenübertragung kaum in Betracht kommen, schützen sich die Pflanzen oft dadurch, daß sich unterhalb der gefährdeten Blüten klebrige Zonen bilden, die von kriechenden Insekten nicht überschritten werden können. Oder, wie bei manchen Dipsacus-Arten, die gegenständigen Blätter verwachsen an ihrer Basis um den Stengel herum zu einem Behälter, in dem sich das Regenwasser ansammelt und so eine Wasserfläche bildet, welche für Ameisen z. B. ein unüberwindliches Hindernis bildet. Gegen fliegende Insekten, die für die Übertragung des Pollens ungeeignet sind, wird der Zugang zu den Honigbehältern meist durch Haare versperrt. Die kleinen, kurzrüsseligen Insekten können diese verschiedenartig gestalteten Haarwälle nicht durchdringen,

Digitized by Google

während die kräftigeren, langrüsseligen Arten, die sich beim Blütenbesuch mit Pollen beladen und die Kreuzung vermitteln, ihren Rüssel zwischen den Haaren hindurchschieben.

Die Art und Weise, wie sich die Insekten mit Pollen beladen, und die Einrichtungen, die sie dazu besitzen, andererseits die Einrichtungen der Blüten, den Pollen auf die Insekten so abzuladen, daß er auf die Narben anderer Blüten derselben Art gelangt, sind so außerordentlich mannigfaltig, daß hier nur einige Beispiele angeführt werden können.

Der einfachste Fall ist wohl der, daß sich die Hummeln oder Bienen, die Pollen eintragen, um damit die Larven zu füttern, in pollenreichen Blüten reichlich damit beladen, und indem sie von Blüte zu Blüte fliegen, an die Narben einen Teil davon abgeben, was sie in früheren Blüten gesammelt haben. Diese Insekten sind gewöhnlich sehr dicht mit steifen Borsten an den Oberschenkeln oder am Hinterleib besetzt, und diese Borsten streifen bei der Berührung der geöffneten Staubbeutel den Pollen ab und halten ihn zwischen sich fest. In einer Blüte von wilden Rosen sieht man Hummeln sich zuweilen geradezu auf den Staubbeuteln herumwälzen, während sie dabei mit den Hinterbeinen die Antheren fassen und zwischen ihnen hindurchziehen. Dabei kriechen sie in der ganzen Blüte umher, bis sie sich reich mit Pollen beladen haben. Auf der nächsten Blüte sich niederlassend, kommen sie zunächst auf die in der Mitte stehenden Griffel zu sitzen, deren Narben sie sofort mit einem, wenn auch geringen Teile des in früheren Blüten aufgenommenen Pollens belegen.

Einen verhältnismäßig schon ziemlich komplizierten Apparat für die Übertragung des Blütenstaubes durch Insekten besitzen die meisten Arten der Gattung Salvia, für welche wiederum Salvia glutinosa als besonders schönes Beispiel gelten mag. Die Staubblätter besitzen über ihre Anheftung hinaus eine hebelartige Verlängerung, welche vor dem Eingang zum Blü-

Digitized by Google

tengrunde steht. Kriecht eine Biene oder Hummel hinein, so wird diese Verlängerung nach oben gedrückt, während sich die sonst aufwärts gerichteten Staubfäden entsprechend senken und ihre Antheren auf den Rücken des Blütenbesuchers pressen. Hier wird der Pollen zwischen den Haaren abgeladen. Be-

Figur 18. Blüte von **Salvia glutinosa**. Links beim Aufblühen, in der Mitte beim Ausstäuben des Pollens. Die Antheren (durch ein in die Blüte hineinkriechendes Insekt) herabgeschlagen und den Rücken des Insektes mit Pollen beladend. Griffel noch nicht verlängert. Rechts ein Griffel nach dem Ausstäuben des Pollens, verlängert und etwaigen Blütenbesuchern den Pollen vom Rücken abstreifend.

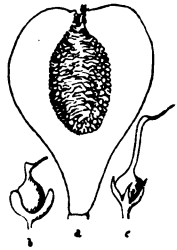
suchen dann die Insekten andere, bereits weiter entwickelte Blüten, so kommt die Narbe infolge der inzwischen eingetretenen Verlängerung des Griffels mit dem Rücken des Insektes in Berührung und beladet sich mit Pollen. (Vgl. Fig. 18 und Erklärung.)

Bei vielen Schmetterlingsblüten fällt der Pollen aus den Antheren in das Schiffchen, in dem sie selbst zunächst eingeschlossen bleiben, obwohl sie das Bestreben zeigen, sich aufzurichten. Hierdurch wird eine ziemlich starke Spannung erzeugt, zumal da die beiden Flügel der Blüte das Schiffchen zusammenhalten und ein Heraustreten von Staubfäden und Griffel nicht gestatten. Sobald aber eine Hummel etwa sich auf die Flügel niederläßt, werden diese herabgedrückt, die Staubblätter und der Griffel schnellen plötzlich empor, wobei der Pollen auf den behaarten Unterleib der Hummel geschleudert wird und die

Digitized by Google

Narbe sich in die Haare einpreßt und mit dem Pollen früher besuchter Blüten beladet.

Ganz eigentümlich sind die Beziehungen, welche sich zwischen kleinen Schlupfwespen (Blastophaga grossorum) und dem Feigenbaum ausgebildet haben. Die Feige ist als ein Fruchtstand aus zahlreichen Fruchtanlagen gebildet aufzufassen, die im Innern eines ausgehöhlten Seitensprosses angelegt werden. Die Mündung dieser Höhlung ist sehr eng und gestattet nur sehr kleinen Insekten den Durchgang. Im Innern der Höhlung stehen nun die zahlreichen Blüten, die nur aus den



Figur 19. a) Blütenstand der Feige (natürliche Größe), b) Gallenblüte, c) Fruchtblüte (schwach vergrößert).

Geschlechtsorganen und einem unscheinbaren, schuppenförmigen Perigon bestehen. Man unterscheidet Pollenblüten, nur mit wenigen Staubblättern, Fruchtblüten, nur aus dem Fruchtknoten mit Griffel und Narbe bestehend, und Gallenblüten, weibliche Blüten, deren Narbe verkümmert ist und die der Fortpflanzung nicht dienen. Die Verteilung dieser verschiedenen Blüten ist sehr verschieden; bei dem gewöhnlichen Feigenbaume (Ficus Carica) enthalten die als Ficus bezeichneten Individuen in ihren Feigenurnen nur Fruchtblüten, die als Caprificus bezeichneten in dem oberen Teil der Urne Pollenblüten, in dem unteren Gallenblüten. In die Gallenblüten werden von den Feigenwespen die Eier gelegt, die sich rasch

Digitized by Google

entwickeln und nach einiger Zeit das fertige Insekt entlassen. Die Weibchen werden von den Männchen im Innern der Urne befruchtet, kriechen dann aus der Urne heraus und beladen sich dabei mit dem Pollen der oben stehenden männlichen Blüten. Sie suchen dann an demselben oder benachbarten Stöcken jüngere Blütenstände auf, kriechen hinein und legen ihre Eier in die Gallenblüten. Da die letzteren zwischen den Fruchtblüten stehen, so berühren sie bei ihrem Umherkriechen auch die Narben der Fruchtblüten und laden hier ihren Pollen aus der anderen Urne ab. Die Fruchtblüten zeichnen sich vor den Gallenblüten durch längeren Griffel aus, und deshalb sind sie für die Entwicklung der Wespeneier ungeeignet, deren Entwicklung nur im Fruchtknoten vor sich geht. Da aber der Legestachel der Wespen nur für die Gallenblüten ausreicht, so geht auch nur in diesen die Entwicklung der Wespen vor sich. Bei anderen Arten der Gattung Ficus liegen die Verhältnisse ähnlich, obwohl sich im Bau der Blüten und in der Verteilung der Blütenarten mancherlei Unterschiede finden (Fig. 19).

Noch wunderbarer ist das Verhältnis einer Motte, der Pronuba yuccasella, zur Yucca. Die schönen Blüten dieser Pflanze werden ausschließlich durch die Motte befruchtet, und zwar in einer Weise, daß man fast glauben könnte, die Motte handle mit voller Überlegung dabei. Die Motte sammelt nämlich in einer Blüte den Pollen zwischen den Kieferntastern nnd trägt sie zu einer andern Blüte, in deren Fruchtknoten sie ihre Eier ablegt; dann stopft sie den mitgebrachten Pollen in den Narbentrichter und vollzieht also durch eine besondere Tätigkeit die Befruchtung, die weder mit der Nahrungsaufnahme noch mit dem Eierlegen der Motte in Zusammenhang gebracht werden kann.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um die große Mannigfaltigkeit zu zeigen, die in den Beziehungen zwischen Blumen und Insekten herrschen.

Digitized by Google

Außer den Insekten nehmen in den Tropen noch Vögel an der Übertragung des Pollens teil; es sind dies hauptsächlich die Kolibris, die wie Schwärmer vor den Blüten schweben und mit ihrer langen, feinen Zunge den Honig saugen oder kleine Kerbtiere herausholen. Dabei streifen sie den Pollen von den Antheren und übertragen ihn auf die Narben der später von ihnen besuchten Blüten.

Auch Schnecken nehmen mitunter teil an der Bestäubung, namentlich bei manchen Aroideen, vielleicht auch bei dem Goldmilzkraut, Chrysosplenium, doch ist es nicht sicher, inwieweit diese Befruchtung durch Schnecken als eine regelmäßige oder nur zufällige neben anderen Formen der Pollenübertragung vorkommt.

Aber auch in einer anderen Art haben sich Blumen und Insekten aneinander angepaßt, indem die ersteren nur zu einer Zeit blühen, wenn die hauptsächlich an der Kreuzung beteiligten Insekten rege sind, was sich nicht nur auf die Jahreszeit, sondern auch auf die Tageszeit erstreckt. Pflanzen, die durch Nachtschmetterlinge bestäubt werden, wie manche Silene-Arten, blühen nur nachts und sind am Tage geschlossen, andere Arten sind am Tage nur zu gewissen Stunden geöffnet und schließen sich dann wieder. Man hat auf diese Verschiedenheit im Öffnen und Schließen der Blüten eine sogenannte Blumenuhr gegründet, die allerdings nicht sehr zuverlässig ist, und namentlich in verschiedenen Gegenden durchaus nicht übereinstimmt.

IV. Kapitel.

Die Verbreitung der Pflanzen.

Nur ein kleiner Teil der Pflanzen besitzt das Vermögen der freien Eigenbewegung und damit die Möglichkeit, sich, wenn auch nur innerhalb bestimmter Grenzen, von einem Ort zum

Digitized by Google

anderen zu begeben. Es sind dies hauptsächlich die Schwärmsporen einiger Algen und Pilze, die also auch nur einen beweglichen Zustand sonst unbeweglicher Pflanzen darstellen, und die Beweglichkeit nur während eines kurzen Zeitraumes besitzen. Einigen wenigen, den Flagellaten nahestehenden Algen, den Peridineen, Volvocineen und Chlamydomonadinen ferner vielen Bakterien, kommt jedoch Beweglichkeit während des ganzen Lebens zu; sie schwimmen frei durch das Wasser. In kriechender Weise vermögen auch die Diatomeen oder Kieselalgen sich fortzubewegen und eine selbständige Ortsveränderung zu bewirken; auch die Plasmodien der Myxomyceten kriechen auf ihrem Substrat umher. Bei allen diesen Organismen kann eine Verbreitung in beschränktem Maße durch diese Eigenbewegung zustande kommen; handelt es sich aber um eine Verbreitung über größere Strecken, so sind auch sie auf andere Kräfte angewiesen.

Die große Zahl derjenigen Pflanzen, die wir mit bloßem Auge sehen und welche die grüne Decke unserer Erde zusammensetzen, besitzt aber keine Eigenbewegung, und ihre Verbreitung ist durch äußere Kräfte bedingt. Ferner sind die Pflanzen, wenigstens die auf dem Lande wachsenden, durch ihre Ernährungsweise an den Ort ihrer Entwicklung gebunden, sie haften mit ihren Wurzeln im Erdreich, aus dem sie Wasser und Nährsalze aufnehmen müssen. Würden sie durch eine fremde Kraft plötzlich aus dem Erdreich gerissen und an einen anderen Ort versetzt, so würden sie dem Vertrocknen anheimfallen, da ihre Wurzeln nicht ohne weiteres wieder in den Erdboden dringen und der Nahrungsaufnahme dienen können.

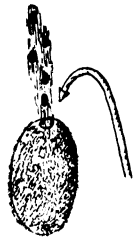
Eine Verbreitung der vollkommen entwickelten Pflanzen ist also, wenige, noch zu besprechende Ausnahmen abgerechnet, nicht möglich, die Verbreitung muß in einem Zustande der Ruhe erfolgen, in welchem die Pflanze von der Tätigkeit der Wurzeln unabhängig ist und weder Nährsalze noch Wasser

Digitized by Google

aufzunehmen braucht. Dieser Zustand ist der Samen; derselbe ist nicht nur durch seine verhältnismäßige Kleinheit viel leichter der Verbreitung durch fremde Kräfte zugänglich, als eine große Pflanze, sondern besitzt in der Regel auch noch besondere Einrichtungen, die den Transport erleichtern und für spezielle Fälle angepaßt sind.

Die Kräfte, welche die Verbreitung des Samens übernehmen, liegen, wie schon erwähnt, meist außerhalb der Pflanze; es sind Wind, Wasser und Tiere, durch welche der Samen oft über weite Strecken fortgeführt wird. Daneben besitzen einige Pflanzen die Fähigkeit, ihre Samen bei der Reife auf eine kurze Strecke fortzuschleudern und so für ihre Verbreitung innerhalb eines beschränkten Umkreises zu sorgen. Für die Verbreitung auf weitere Strecken müssen dann ebenfalls andere Kräfte wirken.

Von diesen Pflanzen mit „Schleuderfrüchten" ist besonders die Spritzgurke, Ecballium elaterium (Fig. 20), ein sehr interessantes Beispiel; es ist eine zu den Kukurbitaceen gehörige



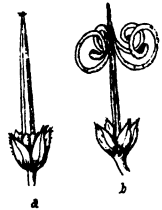
Figur 20. Abfallende und Samen ausschleudernde Frucht von Ecballium elaterium.

Pflanze, deren etwa pflaumengroße, grüne, mit straffen kurzen Haaren besetzte Früchte eine starke turgescente Wandschicht besitzen; diese übt einen kräftigen Druck auf die innere schleimige Masse, in welcher die Samenkörner liegen. Solange die Frucht

Digitized by Google

unreif ist, ist aber die innere Masse ringsum von festem Gewebe umschlossen und kann dem Druck der Wandschicht nicht nachgeben; mit dem Eintritt der Reife lockert sich jedoch das Gewebe an der Stelle, wo der Stiel in die Frucht übergeht, der noch in die Frucht hineinragende Zapfen des Stieles wird durch die innere Spannung herausgedrückt, und während die Frucht vom Stiel abfällt, wird durch die plötzliche Ausdehnung der Wandschicht der ganze schleimig-flüssige Inhalt mit den Samenkörnern aus dem Stielloche herausgespritzt. Den Anstoß zu diesem Abfallen der Früchte und Ausspritzen der Samen gibt oft eine Berührung der Pflanze durch Tiere, und nicht selten werden dabei die Tiere mit dem schleimigen Samen bespritzt, die dann hängen bleiben und weiter verbreitet werden, als es bei dem einfachen Ausspritzen der Samen in der Nachbarschaft der Pflanze möglich wäre. Denn auch bei den kräftigsten Schleudervorrichtungen werden die Samen doch immmer nur auf wenige Meter verbreitet.

Die Schleudereinrichtungen sind übrigens sehr mannigfaltig. Bei unserem Sauerklee (Oxalis acetosella) besitzt die Samenschale ein straff gespanntes Gewebe, welches bei zu-



Figur 21. Frucht von Geranium palustre. a) Vor dem Ausschleudern, b) nach dem Ausschleudern der Samen.

nehmender Reife immer praller wird, schließlich an einer Seite aufplatzt und sich mit einem plötzlichen Ruck rückwärts zusammenrollt; durch diesen Ruck werden die Samen ausgeschleu-

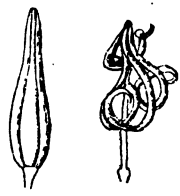
Digitized by Google

dert. Bei den Storchschnabel- und Reiherschnabelgewächsen (Geranium [Fig. 21] und Erodium) ist eine andere Einrichtung zum Ausschleudern der Samen ausgebildet. Bei dem allgemein verbreiteten Sumpfstorchschnabel, Geranium palustre, stehen die fünf Samen, von je einem Fruchtblatt umhüllt, um ein Mittelsäulchen, mit dessen Spitze die borstenartig verlängerten Fruchtblätter zusammenhängen. Bei der Reife trocknet die Oberseite der borstenartigen Verlängerungen der Fruchtblätter rascher aus als die Innenseite, zieht sich infolgedessen mehr zusammen und bewirkt eine Spannung, die sich zunächst deshalb nicht ausgleichen kann, weil die Fruchtblätter an Basis und Spitze noch festgeheftet sind. Allmählich vertrocknet aber das Gewebe an der Basis der Fruchtblätter, diese reißen hier ab und rollen sich nun plötzlich nach außen ein, wobei durch die rasche Bewegung die Samen fortgeschleudert werden.

Noch ein Beispiel von schleuderfrüchtigen Pflanzen mag hier erwähnt werden, welches auch wohl das bekannteste ist, die wilde Balsamine, Rührmichnichtan, Impatiens Nolitangere; in den letzten Jahrzehnten ist die kleinblütige Impatiens parviflora aus Nordamerika bei uns verwildert und hat sich massenhaft als Unkraut in Büschen, Wäldern und Parkanlagen angesiedelt. Sie zeigt die gleichen Eigenschaften, wie unsere heimische Art, nur sind die Früchte kleiner. Diese sind schotenförmig und bestehen aus fünf Fruchtblättern, die in unreifem Zustande an ihren Rändern fest verwachsen sind. Die äußerste, unter der Oberhaut liegende Schicht der Fruchtblätter besteht aus sehr straff gefüllten, turgeszenten Zellen, die das Bestreben haben, sich stark auszudehnen, hieran aber noch durch feste Verbindung der einzelnen Fruchtblätter miteinander gehindert werden. Sobald aber bei eintretender Samenreife die Verwachsung der Fruchtblätter gelockert wird, vermag die turgeszente Zellschicht den Widerstand zu überwinden, und infolge ihrer Ausdehnung reißen die Fruchtblätter auseinander

Digitized by Google

und rollen sich plötzlich nach innen ein, die Samen werden dabei ausgeschleudert. Auch hier, wie bei der Spritzgurke, tritt der Vorgang besonders leicht ein, wenn durch eine Berührung der



Figur 22. Frucht von Impatiens Nolitangere. a) Vor, b) nach dem Ausschleudern des Samens.

Frucht der Anstoß zum Aufspringen gegeben wird, und die Samenkörner können sich vermöge ihrer rauhen Schale längere Zeit zwischen Haaren usw. halten, wodurch sie auf größere Strecken verschleppt werden (Fig. 22).

Die meisten Samen sind für die Verbreitung durch den Wind angepaßt, und die Einrichtungen hierzu sind so zahlreich und mannigfaltig, daß nur einige davon hier besprochen werden können. Im einfachsten Falle wirkt der Wind dadurch, daß er die zu Boden gefallenen Früchte fortrollt. Früchte oder Samen, die für diesen Transport angepaßt sind, müssen neben geringem Gewicht rundliche oder walzenförmige Gestalt haben, und diese Einrichtung findet man namentlich reichlich entwickelt bei Steppenpflanzen, die also in Gegenden leben, in denen nach der Fruchtreife die ganze oberirdische Pflanzenwelt verschwindet, so daß dem Umherrollen durch den Wind kein Widerstand entgegensteht. Mitunter werden ganze fruchttragende Pflanzen nach dem Absterben der Wurzeln vom Boden losgelöst und durch den Wind in den öden, vegetationslos gewordenen Steppen umhergerollt, wie die merkwürdige Plantago Cretica. Es sind dies einjährige Pflanzen mit zahl-

Digitized by Google

reichen kurzen Blütenstielen, die sich zur Zeit der Fruchtreife nach außen umbiegen und so einen steifen, rundlich-scheibenförmigen, sehr leichten Körper darstellen, der vom Wind leicht umhergerollt wird. Namentlich in asiatischen Steppen gibt es eine Menge ähnlicher Pflanzenarten, die man als Steppenhexen oder Windhexen bezeichnet hat, und die durch die eigentümliche gespensterartige Bewegung, in die sie durch den Wind versetzt werden, seit langem bekannt sind.

Auch unter unseren Gräsern gibt es viele Arten, deren Verbreitung auf dem Rollen durch den Wind beruht. Sehr oft wird diese Verbreitung durch Grannen unterstützt, die sich beim Rollen so stellen, daß eine Weiterbewegung meist nur nach einer bestimmten Richtung möglich ist, während eine Rückwärtsbewegung durch die sich feststeckende Granne verhindert wird. Oft haben die Grannen feine Widerhaken, wie bei unserer Gerste, die dann eine Rückwärtsbewegung ebenfalls verhindern.

Figur 23. Spore von Equisetum arvense. a) Mit zusammengerollten, b) mit ausgebreiteten Bändern.

Die Grannen, namentlich die mit Widerhaken versehenen, können aber unter Umständen auch einen Transport durch Tiere, wenigstens auf kurze Strecken, bewirken. Es gibt auch Grannen, die hygroskopisch sind, und gleichzeitig durch ihre hygroskopischen Krümmungen die Fortbewegung durch den Wind unterstützen (sogenannte kriechende Früchte, namentlich bei Gräsern, aber auch bei Korbblütlern). Auch ganze Pflanzen werden durch hygroskopische Eigenschaften einzelner oder aller Organe bewegt, wobei die Samen eine weitere Verbreitung finden, so die bekannte Rose von Jerichow (Anastatica Hierochuntica), ein Kreuzblütler, dessen Heimat namentlich Syrien

Digitized by Google

und Arabien ist. Nach der Samenreife zeigt sich die Pflanze bei trockenem Wetter in Form eines geschlossenen, entfernt an eine Rose erinnernden Knäuels, indem die Zweige einwärts gebogen, auch die Früchtchen geschlossen sind. Bei Regen breiten sich die Zweige aus, die Früchte öffnen sich, und der Samen wird mit dem Regen fortgewaschen. Besonders deutlich kann man bei den Sporen der Schachtelhalme die Wirkung beobachten, welche hygroskopische Eigenschaften hinsichtlich der Fortbewegung der Sporen äußern. Die beiden außerordentlich hygroskopischen Bänder, die an der Spore angeheftet sind, reagieren auf die minimalsten Schwankungen der Luftfeuchtigkeit durch Zusammenrollen und Ausbreiten, wobei jedesmal eine kleine Ortsveränderung eintritt. Sind solche Bewegungen auch an sich gering, so können sie doch im Lauf der Zeit nicht unbeträchtliche Strecken ausmachen. Im allgemeinen wird aber bei den weitaus meisten Pflanzen, bei denen hygroskopische Eigenschaften an der Verbreitung beteiligt sind, doch der Wind die Hauptrolle spielen (Fig. 23).

Der Wind übernimmt auch die Verbreitung besonders leichter und kleiner Samen, wie die der Orchideen, ohne daß bei ihnen besondere Einrichtungen hierzu vorhanden wären. Die

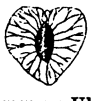
Figur 24. Flugapparat des Samens von Taraxacum officinale (schwach vergrößert).

meisten durch Wind verbreiteten Samen besitzen aber besondere Flugapparate von oft sehr auffallender Bildung. Ein allgemein bekanntes Beispiel eines solchen Flugapparates ist der Haarkranz an den Samen des Löwenzahns, Taraxacum

Digitized by Google

officinale, in ähnlicher Form übrigens sehr vielen Korbblütlern eigen. Beim Löwenzahn bildet er ein aus feinen, aber steifen Haaren gebildetes Schirmchen (Fig. 24), welches wie ein Fallschirm wirkt und die Frucht selbst bei fast ruhiger Luft lange Zeit schwebend erhält. Ähnliche Haarbildungen, die bei äußerster Leichtigkeit doch dem Winde einen großen Widerstand entgegensetzen und deshalb zum Transport der Samen durch den Wind viel beitragen, finden wir bei den Weiden und Pappeln. Auch die Baumwolle rührt von den Haaren her, die als Flugapparate die Samen der Baumwollstaude (Gossypium herbaceum) umgeben.

Eine andere Form der Flugapparate wird durch hautartige, sehr dünne Anhängsel verschiedener Form dargestellt. Bei der Ulme (Fig. 25) laufen diese Anhängsel um den ganzen



Figur 25. Samen von Ulmus evusa.

Figur 26. Samen von Acer campestre.

Samen als zusammenhängende Haut; beim Ahorn stellen sie Flügel dar (Fig. 26), bei anderen Pflanzen wieder laufen sie als häutige Lamellen am Samen herab (Laserpitium). Auch diese Form der Flugapparate ist außerordentlich verbreitet.

Nicht minder eigenartige Ausbildungen haben gewisse Samen und Früchte erlangt, welche auf die Verbreitung durch Tiere angepaßt sind. Die Verbreitung durch Tiere kann im allgemeinen auf zweierlei Weise erfolgen, indem Früchte von Tieren verzehrt und die Samen unverdaut an anderen Orten wieder abgeschieden werden, und indem Samen oder Früchte an Tieren hängen bleiben und so verschleppt werden.

Der erstere Fall wird besonders bei fleischigen Früchten, namentlich Beeren eintreten. Duft, leuchtende Farbe locken

Digitized by Google

die Vögel, welche hauptsächlich bei der Verbreitung dieser Samen in Betracht kommen, an, sie fressen die Beeren und geben nach einiger Zeit, oft weit von dem Ort der Nahrungsaufnahme entfernt, die unverdauten Samen der Beeren in den Exkrementen wieder von sich. In der Regel werden die Samen bei dem Verdauungsprozeß nicht beschädigt, wenigstens nicht bei den hauptsächlich an der Verbreitung der Beerensamen beteiligten Vögeln, den Drosseln und anderen beerenfressenden Singvögeln. Wohl aber ist dies der Fall, wenn die Beeren von Hühnern oder Enten gefressen werden, hier bleiben nur besonders widerstandsfähige Samen am Leben. Sehr viele unserer Waldsträucher tragen Beeren und sind auf die Verbreitung durch Vögel angewiesen, auch die schmarotzende Mistel, Viscum album, deren weiße Beeren zu einer Zeit reifen, wo uns Wintergäste aus dem hohen Norden besuchen und gern die Beeren annehmen. Besonders die Misteldrossel sorgt für die Verbreitung dieser zwar schädlichen, aber doch so interessanten Pflanze.

Der zweite Fall, das Verschleppen anhaftender Samen durch Tiere, kann wieder in verschiedener Weise erfolgen. Bei Wasserpflanzen, die meist schwimmende, leichte Samen besitzen, haften dieselben beim Auffliegen des Wassergeflügels leicht an dem Gefieder und werden dann beim Besuch anderer Gewässer verschleppt. Bei Landpflanzen besitzen die Samen resp. Früchte oft hakenförmig gekrümmte oder mit Widerhaken versehene Haare oder Borsten, die sich in das Fell eines Tieres einhaken und so verschleppt werden. Ein allbekanntes Beispiel ist die Klette (Lappa major und minor), deren ganze Fruchtknäuel auf diese Weise in oft sehr lästiger Weise an unseren Kleidern hängen bleiben. Ebenso lästig sind im Herbst die scharf zweizähnigen Früchte von Bidens, dem Zweizahn, welcher überall in Kartoffeln- und Rübenfeldern, in lichten Wäldern usw. wächst und uns bei einem Spaziergange durch

Digitized by Google

Wald und Feld fast überreich mit seinen schwer zu entfernenden Früchten beschenkt (Fig. 27).

Figur 27. Samen von Bidens, Zweizahn mit Hakenzähnen (schwach vergrößert).

Zahlreich sind auch Früchte und Samen, die durch klebrige Stoffe an vorbeistreifenden Tieren hängen bleiben und so verbreitet werden. Bei den Samen der Mistel, deren Beeren nicht von Drosseln verzehrt wurden, kommt es bei feuchter Witterung zum Aufquellen des sie umgebenden, sehr zähen, klebrigen Schleimes, die Beeren brechen auf und die Samen bleiben an den Vögeln, die mit der Mistel in Berührung kommen, hängen, bis sie an irgend einem Ast wieder abgestreift werden. Auch die Zaunrübe, Bryonia, besitzt solche in klebrigen Schleim gehüllte Samen. Bei einer Salbeiart, Salvia glutinosa, werden zur Zeit der Samenreife die ganzen Früchte mit dem Kelch von der Pflanze losgelöst, indem die mit klebrigem Saft überzogenen Drüsenhaare des Kelches sehr fest an vorüberstreifenden Tieren haften und von der Pflanze abreißen.

V. Kapitel.

Schutzeinrichtungen und Anpassungserscheinungen.

Weite Strecken der Erde werden von einem grünen Teppich der Pflanzenwelt bedeckt; überall, wo selbst nur ein kurzer

Digitized by Google

Sommer das Leben auf Monate oder Wochen hervorruft, oder spärlicher Tau die regenlose Wüste befeuchtet, siedeln sich noch Pflanzen an, bald dicht nebeneinander und sich gegenseitig Raum, Licht und Nahrung streitig machend, bald spärlich und vereinzelt, wie es die Ungunst der Verhältnisse mit sich bringt. Es gibt nur wenig Plätze auf der Erde, die das ganze Jahr hindurch völlig ohne Pflanzenwuchs sind.

Wo der Mensch bereits von dem Lande Besitz ergriffen hat, ist gewöhnlich die Pflanzengesellschaft verschwunden, die ursprünglich sich da angesiedelt hatte; oder sie ist doch verändert in ihrer Zusammensetzung. Oft verschwinden einzelne Arten ganz und müssen anderen Platz machen, die der Mensch anbaut, um in irgend einer Weise Nutzen von ihnen zu ziehen. Wo aber die Pflanzenwelt noch in ihrer ursprünglichen Jungfräulichkeit vorhanden ist, da bildet sich oft ein besonderes Gesellschaftsleben der Pflanzen heraus; es treten bestimmte Arten zu einer Genossenschaft zusammen, in der keine fremden Pflanzen geduldet werden.

Die Entstehung solcher Pflanzengenossenschaften ist im wesentlichen durch klimatische Verhältnisse und chemisch-physikalische Eigenschaften des Bodens bedingt. Je extremer diese nach der einen oder anderen Richtung hin sind, um so exklusiver werden auch die Pflanzengesellschaften, um so weniger sind andere Arten, die nicht dazu gehören, im stande, sich einzudrängen und im Kampfe ums Dasein mit den für diese Verhältnisse besser ausgestatteten Schwestern zu konkurrieren.

Auch in unserem, seit Jahrhunderten kultivierten Lande finden sich noch solche Genossenschaften, die sich wohl oft nur wenig verändert haben: die Wiesen. Während die Wälder mehr oder weniger künstlich durch den Forstmann herangezogene Genossenschaften darstellen, bei denen durch die Kultur nur die Entwicklung bestimmter Arten gestattet, die anderer künstlich unterdrückt wird, befinden sich viele Wiesen noch in

Digitized by Google

einer Art Urzustand, indem man die Pflanzengesellschaft, die sich da entwickelte, oft gerade in ihrer ursprünglichen Zusammensetzung verwenden konnte. Das Heer der Gräser ist sehr exklusiv, und die Zahl der Pflanzen, die sich zwischen ihnen entwickeln können, ist keine sehr große. Freilich hat auch hier der Mensch vielfach seine bessernde Hand angelegt und Kunstwiesen geschaffen, schlechtere Futtergräser durch bessere ersetzt, andere, nicht als Futterpflanzen dienende Arten ganz auszurotten versucht, aber es gibt auch noch Wiesen genug, auf denen noch heute wächst, was seit alters her da gewachsen ist.

Die Wiesen selbst tragen natürlich ebenfalls durchaus nicht denselben Charakter an allen Orten; je nach dem Boden und den Feuchtigkeitsverhältnissen, auch nach der Höhenlage sind die einzelnen Komponenten der Wiesen sehr verschiedenartig. In feuchten, sumpfigen Niederungen herrschen die sogenannten *sauren* Gräser (Cyperaceen) vor; ihnen gesellen sich nicht selten Juncaceen, oft in beträchtlicher Menge, bei. Ebenso bilden diese Pflanzen wieder auf extrem trockenem, sandigem Boden vielfach den Hauptbestandteil. Lehmiger Boden mit mäßiger Feuchtigkeit, ohne zu Sumpfbildung zu neigen, wird von den *süßen* Gräsern, den Gramineen, bevorzugt. Oft findet man dicht nebeneinander zwei Wiesen, die aus ganz verschiedenen Pflanzenarten gebildet werden.

Ähnliche Bildungen von charakteristischen Pflanzengenossenschaften werden nun auch durch das Klima bedingt, und hier treten uns oft Erscheinungen noch viel auffallenderer Art entgegen. Bodenbeschaffenheit, Temperatur, Feuchtigkeitsverhältnisse, Licht, Wind wirken unendlich mannigfaltig, wie sie selbst in den verschiedenen Gegenden der von den Pflanzen bewohnten Erde unendlich verschiedenartig sind, und die Pflanzen sind gewissermaßen Produkte dieser Verhältnisse ihrer Heimat. Würden wir unsere deutsche Eiche in die schwülen Urwälder der Tropen versetzen, oder Bananen in die Heiden

des norddeutschen Flachlandes, epiphytische Orchideen der Tropen an den Stämmen australischer Buschgehölze oder eine Wüstenpflanze in schottischen Hochmooren ansiedeln, sie alle würden eingehen, weil sie an die ihnen fremden Verhältnisse nicht angepaßt sind.

Diese Anpassungen kommen oft schon äußerlich, im Aussehen der Pflanze zur Geltung; vielfach lehrt uns erst das Mikroskop, durch welche Mittel den Pflanzen die Existenz unter besonderen Verhältnissen ermöglicht wird. Wir finden dabei Einrichtungen, welche dazu dienen, klimatische oder chemisch-physikalische Verhältnisse auszunützen, die anderen Pflanzen das Leben unmöglich machen würden, aber auch Einrichtungen, die zum Schutz gegen äußere ungünstige Einflüsse der verschiedensten Art dienen.

Wenn wir die einzelnen Faktoren, welche die Zusammensetzung des Pflanzenteppichs an den verschiedenen Orten der Erde beeinflussen, näher betrachten, so finden wir zunächst, daß die chemische Beschaffenheit des Bodens mitunter eine ganz eigene Flora erzeugt hat. Es sei hier besonders an die Salz- und Kalkpflanzen erinnert. Auf unseren Kalkgebirgen wachsen gewöhnlich eine Anzahl Pflanzen, die anderwärts nicht vorkommen, die also speziell kalkliebend sind. Ebenso gibt es aber auch Pflanzen, welche wohl auf Kieselboden sehr gut gedeihen, aber Kalk meiden. Man nennt solche Arten, die nur auf einer bestimmten Bodenart vorkommen, bodenstet, während Arten, die überall gedeihen, bodenvag heißen. Anagallis caerulea, das blaue Gauchheil, ist z. B. eine Kalkpflanze und findet sich nur auf Kalkboden. Während man diesen Kalkpflanzen aber im allgemeinen keine besonderen Eigentümlichkeiten anmerkt, zeigen die Salzpflanzen zuweilen auch schon äußerlich einen etwas abweichenden Typus, der sie sofort als eine eigene physiologische oder biologische Gruppe erkennen läßt. Vielen Salzpflanzen fehlt die rein chlorophyllgrüne

Digitized by Google

Farbe, sie zeigen einen mehr graurötlichen Ton und sind meist mit fleischigen Stengeln und Blättern ausgerüstet. Bei uns kommen als Salzpflanzen besonders Salsola Kali und Salsola Soda vor; übrigens sind aber ganze Familien als Salzpflanzen zu betrachten, namentlich alle Chenopodiaceen, auch die Amaranthaceen und viele Kruziferen. Andere wieder, wie Rosen, Orchideen und Moose meiden das Salz.

Ebenso wie Salz und Kalk beeinflußt auch das Vorhandensein von Zinksalzen die Flora; sogar zur Bildung besonderer Varietäten hat der Galmeiboden geführt, so die kleinblütige Galmeivarietät des gelben Veilchens, Viola lutea var. calaminaria. Auch andere Arten, Alsine verna, Armeria vulgaris, Thlaspi alpestre, var. calaminarium, sind entweder ganz an Galmei gebunden oder bevorzugen ihn doch in auffallender Weise.

Interessant ist aber die Erscheinung, daß die Pflanzen nicht an allen Stellen durchaus an die chemische Bodenbeschaffenheit gebunden sind, daß z. B. manche Arten, die in der einen Gegend ausschließlich auf Kalk vorkommen, in einer anderen auch auf kalkarmem Boden gedeihen und umgekehrt. In diesen Fällen hat sich dieselbe Art in der einen Gegend im Lauf der Zeit an Kalkboden, in einer anderen Gegend an kalkarmen Boden angepaßt.

Bei den Sumpfpflanzen kommt außer der chemischen Beschaffenheit auch noch der Wasserreichtum zur Geltung. Ebenso kommt bei den stein- und rindenbewohnenden Moosen und Flechten die Unterlage in Frage, denn es gibt Moose, welche nur Rinden, und Moose, welche nur Felsen bewohnen.

Nicht minder einflußreich hinsichtlich der Zusammensetzung einer Flora erweist sich die Höhenlage. Hier wirken die sehr verschiedenen Faktoren, die zusammen das Klima eines Ortes bedingen, um ganz besondere, oft streng geschiedene Floren zu bilden. In der Ebene wachsen andere Pflanzen als in der

Hügelregion, und hier andere als im Hochgebirge. Und jede Pflanze hat im Gebirge eine Grenze, bis zu welcher sie ansteigt, darüber hinaus gedeiht sie nicht mehr, weil sie den klimatischen Verhältnissen, die sich ja mit größerer Höhe ändern, nicht mehr angepaßt ist. Auch die Pflanzen des Hochgebirges gedeihen nicht gut in der Ebene, sie gehen entweder zu Grunde oder sie nehmen ein ganz anderes Aussehen an, indem sie sich eben den veränderten Verhältnissen anpassen. Ein bekanntes Beispiel ist das Edelweiß, dessen leuchtende Blütenköpfchen im Hochgebirge das Ziel rüstiger Bergsteiger sind; in der Ebene werden daraus zwar größere, aber häßliche, unscheinbare, graue, langgestielte Blütenstände, die man kaum mehr für Edelweiß halten möchte.

Dagegen finden sich sehr häufig Pflanzen, die bei uns nur im Hochgebirge, oft an der Grenze des ewigen Schnees, vorkommen, in hochnordischen Ländern in der Ebene wieder; hier liegen eben die gleichen Bedingungen ihrem Gedeihen zu Grunde, lange Winterkälte mit mächtigen Schneemassen, kurzer Sommer mit intensiver Lichtwirkung.

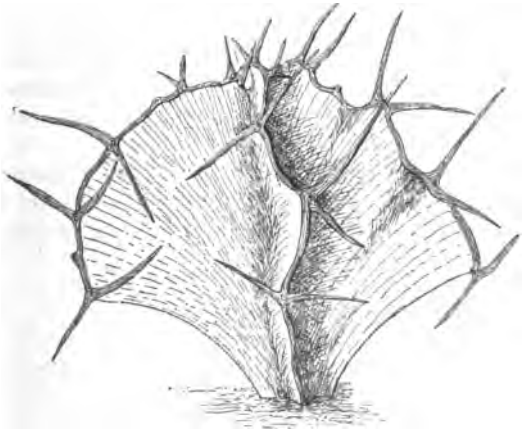
Untersuchen wir nun die einzelnen Faktoren des Klimas und ihre Einwirkungen auf die Pflanzen, so finden wir, daß die letzteren oft in uns erkennbarer Weise an besondere klimatische Verhältnisse angepaßt sind.

Besonders trockene, regenarme Landstriche bringen Pflanzen hervor, die sich nicht nur durch eine dicke, für Wassergas möglichst undurchlässige Außenschicht vor allzugroßer Verdunstung schützen, sondern meist auch noch die Fähigkeit besitzen, während großer Dürre in einen Ruhezustand zu treten, aus dem sie dann ohne Schädigung beim Vorhandensein genügender Feuchtigkeit wieder erwachen. Das letztere ist namentlich bei verschiedenen Kryptogamen, Algen, Moosen und besonders Flechten der Fall, auch die zu den Pteridophyten gehörige Selaginella lepidophylla verträgt vollkommenes Austrocknen, ohne abzusterben.

Digitized by Google

Bei höheren Pflanzen, die in wasserarmen und regenarmen Gegenden wachsen, ist ein vollkommenes Austrocknen ohne schwere Schädigung oder Tod nicht möglich, weshalb diese Pflanzen während der trockensten Zeit entweder auf irgend eine Weise die Verdunstung möglichst einschränken oder für genügenden Vorrat an Wasser sorgen, was selbst wieder in sehr verschiedener Form geschehen kann. Sehr oft kommt sowohl Einschränkung der Verdunstung wie Wasserspeicherung vereint vor.

Die Einschränkung der Verdunstung wird in radikaler Weise durch die Entfernung der hauptsächlich verdunstenden Organe, der Blätter, bewirkt. Wir finden deshalb im Gegensatz zu



Figur 28. Euphorbia grandicornis.

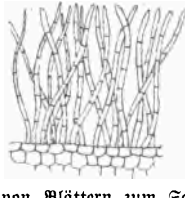
unseren winterdürren Wäldern in heißen Gegenden sommerdürre, Bäume und Sträucher, welche bei Eintritt der heißen, trockenen Jahreszeit ihr Laub abwerfen und im Beginn des Winters, d. h. der kühlen und feuchten Periode, wieder er-

Digitized by Google

grünen. Besonders auffallende Beispiele sind die Catinga Brasiliens, die im Sommer unseren laublosen Winterwäldern ähnlich sind.

Ebenso wird die Wasserverdunstung erheblich dadurch eingeschränkt, daß die transpirierende Oberfläche möglichst verringert wird, und Blätter entweder gar nicht, oder nur in unscheinbaren, für die Transpiration wenig in Betracht kommenden Formen zur Entwicklung gelangen. Dies finden wir in ausgeprägtestem Grade bei den Kakteen und vielen Euphorbien (Fig. 28), deren Blätter zu Stacheln umgewandelt sind, und deren Stamm im Verhältnis zur Oberfläche meist ziemlich großen Inhalt besitzt. Bei diesen Pflanzen, die noch aus anderen Gründen für das Leben in trockenen Gegenden besonders angepaßt sind, ist begreiflicherweise die Transpiration äußerst gering; allerdings ist damit auch eine Verringerung der assimilierenden Flächen verbunden, und das Wachstum deshalb bei der geringen Bildung organischer Substanzen ein sehr langsames.

In geringerem Grade wirken auch andere Schutzeinrichtungen herabsetzend auf die Wasserabgabe, besonders lederartige Beschaffenheit der Blätter, Wachs- oder dichte Haarüber-



Figur 29. Haarüberzug von Blättern zum Schutz gegen zu starke Verdunstung. Blattquerschnitt (vergrößert).

züge (Fig. 29), besonders geschützte Lage der Spaltöffnungen, doch würden diese Einrichtungen nicht ausreichen, um den Pflanzen das Leben in den fast regenlosen Wüsten zu gestatten.

Digitized by Google

Dagegen gewähren sie den Pflanzen in Gegenden mit im allallgemeinen heißem und trockenem, aber durch öftere Regen gemäßigtem Klima meist genügenden Schutz vor dem Vertrocknen. Eine umfangreiche Vegetation von Bäumen und namentlich Sträuchern mit lederartigen Blättern (Myrte, Lorbeer, Oliven, Buchsbaum usw.) findet sich z. B. in den Mittelmeerländern, hier die charakteristische Formation der Maquis bildend. Hier treten zwar reichliche Regenfälle ein, dazwischen aber liegen glühend heiße, mit großer Lufttrockenheit verbundene Perioden, die hohe Anforderungen an die Transpiration der Pflanzen stellen.

Viele Pflanzen in Gegenden mit trockenem Klima sorgen für genügenden Wasservorrat während der trockenen Zeit. Manche, insbesondere viele echte Wüstenpflanzen, treiben außerordentlich lange Wurzeln, die ganz außer Verhältnis zu den meist kleinen, unansehnlichen oberirdischen Teilen der Pflanze lang sind und bis in die Tiefen dringen, in denen sich selbst in jenen trockenen Gegenden Grundwasser findet. Ein wunderbares Beispiel ist die Koloquinte (Citrullus Colocynthis), die sogar verhältnismäßig viel Wasser verdunstet und fast gar nicht gegen zu starke Transpiration geschützt ist.

Meist besitzen Pflanzen, welche für genügenden Wasservorrat sorgen, besondere, als Wasserspeicher ausgebildete Gewebe, eine Einrichtung, die bei den Succulenten zur höchsten Entwicklung gekommen ist. Durch die Verringerung der transspirierenden Oberfläche kommt es auch gleichzeitig zur Vergrößerung des Inhaltes, Blätter und Stämme werden verhältnismäßig dick und fleischig, indem sich die inneren Gewebsschichten zu Wasserspeichern umbilden. Die Succulenten sind deshalb auch äußerlich schon an den dicken Blättern und Stämmen kenntlich. Man unterscheidet Blattsucculenten und Stammsucculenten; die ersteren sind auch bei uns durch mehrere, den Krassulaceen angehörende Arten von Fett-

Digitized by Google

henne (Sedum) und Dachwurz (Sempervivum [Fig. 30]) vertreten. Als Beispiele für Stammsucculenten können wieder die ausschließlich in Amerika heimischen Kakteen dienen. In der Karrooformation Südafrikas entsprechen eigentümliche

Figur 30. Blattquerschnitt von Sempervivum. Das chlorophyllhaltige (Assimilations-) Gewebe ist dunkel schraffiert, das Wassergewebe ist hell gehalten (vergrößert).

succulente Euphorbien den amerikanischen Kakteen; derselbe Zweck, Wasserspeicherung, verbunden mit möglichster Verringerung der transpirierenden Oberfläche, hat manche Arten dieser beiden so sehr verschiedenen Pflanzenfamilien äußerlich überraschend ähnlich gemacht.

Man hat alle Pflanzen, die in einem heißen und namentlich trockenen Klima leben und für diese Lebensweise angepaßt sind, Xerophyten genannt und den Hygrophyten gegenübergestellt, die in einem feuchteren, namentlich niederschlagsreicheren Klima leben. Bei den letzteren finden sich keine so ausgesprochenen Anpassungserscheinungen, doch findet man auch bei ihnen in besonders regenreichen Gegenden, wie z. B. im Kamerungebirge, gewisse Einrichtungen, die schädlichen Einwirkungen des Regens begegnen sollen. Eine sekundäre Schädigung durch zuviel Regen ist die überreiche Ansiedelung von epiphytischen Kryptogamen, besonders Algen, welche die feuchten Blätter überspinnen und nicht nur den Gasaustausch, der in so feuchtem Klima besonders wichtig ist, einschränken, sondern auch eine ausgiebige Assimilation verhindern, indem sie den Zutritt des Lichtes zur Blattoberfläche wesentlich vermindern. Deshalb haben sich bei Pflanzen in besonders regenreichen Gegenden vielfach lange Stachelspitzen an den Blättern

Digitized by Google

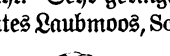
ausgebildet, welche das Abtropfen des auffallenden Regens befördern.

In Gegenden mit ausgesprochener Trennung in trockene und feuchte Jahreszeit spielt sich das eigentliche Pflanzenleben in der letzteren ab; hier ist die feuchte Jahreszeit der Sommer, die trockene der Winter, ohne Rücksicht auf den Stand der Sonne oder den Kalender. In den Steppen der Neuen und Alten Welt weckt die Regenzeit eine Fülle üppigen Pflanzenlebens, welches fast spurlos verschwindet, wenn der Wasservorrat des Bodens zu Beginn der trockenen Jahreszeit zu Ende geht. Die oberirdischen Teile der Pflanzen sterben ab, und nur in den unterirdischen, den Wurzeln und Rhizomen, die der Verdunstung wenig ausgesetzt sind, bleibt das Leben erhalten. Deshalb sind die Steppen besonders die Heimat der Stauden- und Zwiebelgewächse, die jedes Jahr die oberirdischen Teile neu entwickeln, um nach der Samenreife bis auf die geschützten Reservestoffe sammelnden unterirdischen abzusterben. Auch manche einjährige Pflanzen kommen in den Steppen vor, aber ihre Vegetationsdauer ist, den klimatischen Verhältnissen entsprechend, oft so kurz, daß zwischen der Keimung des Samens und der Samenreife der Pflanze nur wenige Wochen liegen.

Äußerlich meist weniger auffallend, darum aber nicht minder verbreitet, sind die Anpassungen der Pflanzen an verschiedene Intensitätsgrade des Lichtes. Wir finden ausgesprochene Lichtpflanzen, die nur dann gedeihen, wenn sie dem vollen, ungehinderten Lichtzutritt ausgesetzt sind, und vollkommene Schattenpflanzen, die im Dunkel des Waldes oder in Höhlen ihr Leben fristen und im vollen Licht eingehen würden. Andere Pflanzen sind wieder auf eine verschiedene Intensität der Beleuchtung eingerichtet, wie die sogenannten Kompaßpflanzen (bei uns z. B. Lactuca scariola), welche ihre Blätter bei intensiver Belichtung parallel den einfallenden Lichtstrahlen, bei schwacher senkrecht dazu stellen.

Digitized by Google

Zu den Schattenpflanzen gehören unsere meisten Zimmerpflanzen; sehr lichtbedürftige Pflanzen gedeihen nicht im Zimmer. Als besonders wenig lichtbedürftig ist die als Blattpflanze viel gezüchtete Plectogyne variegata, die auch noch in den dunkelsten Zimmerecken fortkommt, während sie sogar weniger gut am Fenster gedeiht. Sehr geringe Mengen Licht reichen auch für ein interessantes Laubmoos, Schistostega osmundacea



Figur 31. Protonema von Schistostega osmundacea (vergrößert).

(Fig. 31), aus, welches in Höhlen und Felsspalten wächst. Die Zellen seines eigentümlichen Vorkeims sind linsenförmig, mit am Grunde liegenden Chlorophyllkörnern; sie wirken auch wie Sammellinsen, indem sie die wenigen aufgefangenen Lichtstrahlen auf die Chlorophyllkörner konzentrieren. Eine eigentümliche Wirkung dieses gesammelten und zum Teil wieder reflektierten Lichtes ist es, daß die Vorkeime dieses Mooses im Dunkeln zu leuchten scheinen.

Eine ausgesprochene Schattenpflanze ist auch die Eibe (Taxus baccata). Sie kommt nur da zu voller Entwickelung, wo sie unter hohen, schattenspendenden Laubhölzern sich ansiedeln kann. In unseren Anlagen trägt sie meist strauchigen Charakter, weil sie gewöhnlich im Licht gezogen wird. An den wenigen Standorten, wo sie in Deutschland noch wild in Wäldern vorkommt, wie z. B. im sogenannten Ibengarten in der Rhön, bildet sie bis 15 m hohe und über 30 cm dicke Stämme mit fast schwarzgrünen Nadeln. Diese wohl 1000 jährigen Eiben gedeihen aber nur im tiefsten Schatten hoher Buchen. Versuche, diesen sehr geschonten Eiben — etwa noch 500 Stämme — möglichst günstige Existenzbedingungen dadurch zu verschaffen, daß man ihnen durch Fällen eines Teiles der hohen Buchen mehr Licht verschaffte, bewirkte ein mehrjähriges

Digitized by Google

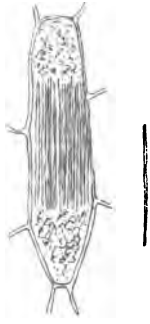
Gelbwerden und kränkeln, welches erst wieder verschwand, als sich von neuem die Buchenzweige schattenspendend über ihnen geschlossen hatten.

Von den Schutzmitteln der Pflanzen sind noch diejenigen gegen Tierfraß besonders ausgebildet. Schon die äußerliche Beschaffenheit der Pflanze schützt sie vielfach gegen das Abweiden durch größere, pflanzenfressende Tiere. Dornen und Stacheln, die das Maul der Pflanzenfresser verwunden, sind vielen Pflanzen eigen, und erfüllen ihren Zweck im allgemeinen vollkommen. An den Rainen und Wegrändern, auch auf trockenen Wiesen und Weiden kommt bei uns nicht selten ein kleiner, rotblühender, zierlicher Strauch, Hauhechel (Ononis spinosa), vor, der zu den Schmetterlingsblütlern gehört, und kaum das Gras an Höhe übertrifft. Seine saftigen Stengel werden von dem weidenden Vieh nicht berührt, weil er reich an Dornen ist, und das Vieh sehr bald die kleinen, bewehrten Pflanzen von dem ungefährlichen Grase unterscheiden und meiden lernt. Daß sich diese Schutzeinrichtungen besonders in Gegenden entwickeln, deren Pflanzenwuchs überhaupt gering ist, und deshalb ohne solche Wehrhaftigkeit von den Pflanzenfressern vernichtet werden würde, ist von vornherein zu erwarten und hat sich tatsächlich auch erweisen lassen. Dazu kommt dann auch noch, daß bei diesen Pflanzen die Blätter aus anderen Ursachen (z. B. trockenes Klima) oft sehr reduziert werden und sich zu dornigen Gebilden umformen, wie bei den Kakteen. Ebenso sind besonders harte, holzige, lederartige Beschaffenheit der Pflanzenteile ein guter Schutz gegen Tierfraß.

Ein anderes Schutzmittel gegen Tierfraß besteht darin, daß viele Pflanzen in ihrem Gewebe scharfe, beißende oder giftige Stoffe absondern. Unsere gewöhnliche Wolfsmilch (Euphorbia Cyparissias), die ebenfalls vielfach auf unseren trockenen Weiden, an Wegrändern und Rainen steht, wird von dem weidenden Vieh vollkommen verschmäht, weil der scharfe, giftige,

Digitized by Google

weiße Milchsaft sie schützt. Freilich ist dieser Schutz nicht allen Tieren gegenüber wirksam, die Raupen des Wolfsmilchschwärmers kommen nur auf der Wolfsmilch vor und sind vollkommen an sie angepaßt; ihnen scheint der giftige Saft sehr gut zu bekommen. Die zahlreichen Pflanzengifte scheinen vorzugsweise



Figur 32. Rhaphidenhaltige Zelle, rechts einzelner Kristall daraus.

berufen zu sein, vor Tierfraß zu schützen; dies gilt auch besonders von den Alkaloiden, die in vielen Pflanzen enthalten sind. Auch das Kalkoxalat, welches namentlich in Form von feinen Nadeln (Rhaphiden, Fig. 32) in vielen Blättern vorkommt, übernimmt z. B. den Schnecken gegenüber eine schützende Rolle.

Nicht immer sind es ausgesprochene Gifte oder ätzende Stoffe, die eine Schutzwirkung bedingen, vielfach sind es Körper, die durch bittern oder unangenehmen Geschmack abschrecken wie Tausendguldenkraut (Erythraea Centaureum), Arnika, oder stark riechende Substanzen, ätherische Öle usw. wie Salvia officinalis, Thymus Serpyllum u. a.

Ebenso werden Brennhaare gemieden; unsere Brennnesseln, die in ihren Drüsenhaaren (Fig. 33) eine höchst unangenehm brennende Flüssigkeit besitzen, werden vom Rindvieh

Digitized by Google

verschmäht, dagegen von Gänsen, die scheinbar unempfindlich gegen den Brennstoff sind, mit Vorliebe gefressen. Hierbei mag auch erwähnt werden, daß eine Anzahl anderer Pflanzen, insbesondere Lamium album, der weiße Bienensaug oder Taubnessel, wegen ihrer Ähnlichkeit mit Brennesseln von Tieren

Figur 33. Brennhaar der Brennessel.

verschont wird. Ein Schutz, der durch Ähnlichkeit mit gefährlichen oder ungenießbaren, oder doch wenigstens gemiedenen Pflanzen resp. Tieren erreicht wird, kommt nicht selten vor und wird als Mimikry bezeichnet; sie ist häufiger im Tierreich, namentlich bei Insekten, zu finden.

VI. Kapitel.

Saprophyten und Parasiten.

Die Aufgabe der Pflanzenwelt im allgemeinen ist es, die organischen Stoffe, aus denen der Körper aller lebenden Wesen besteht, aus den anorganischen Stoffen zu bilden. Diese Tätigkeit der Pflanzen kommt auch den Tieren zu gute, da den letzteren die Fähigkeit, aus anorganischen Stoffen ihren Körper aufzubauen, vollständig fehlt; sie sind auf die bereits vorhandenen organischen Stoffe, welche durch die Pflanzen erzeugt werden, angewiesen.

Digitized by Google

Auch unter den Pflanzen gibt es eine Anzahl von Formen, die wie die Tiere gänzlich auf schon vorhandene organische Substanz angewiesen sind, und sich nicht von anorganischen Stoffen zu ernähren vermögen. Sie stellen jedoch nicht etwa die in der Entwicklung höher stehenden Pflanzen vor, sondern sind im Gegenteil zumeist im Rückschritt begriffen; es sind gesunkene Existenzen, welche Kraft und Fähigkeit verloren haben, sich selbst zu erhalten, und nun auf Kosten anderer leben.

Einem Teil dieser Arten fällt freilich im Haushalte der Natur eine bedeutsame Rolle zu. Sie haben die Aufgabe, die Tier- und Pflanzenleichen fortzuschaffen, und nicht nur in rein räumlichem Sinne Platz zu schaffen für neues Leben, sondern auch die unentbehrlichen Stoffe, welche in jenen Leichen angehäuft und für andere Wesen nutzlos geworden sind, wieder frei zu machen, so daß sie aufs neue Verwendung finden können. Fände eine solche Zersetzung der abgestorbenen Pflanzen und Tiere nicht statt, so wäre die Erde längst mit einer so hohen Schicht von Leichen bedeckt, daß die Pflanzen mit ihren Wurzeln die Erde nicht mehr erreichen könnten und damit ein Pflanzenwachstum überhaupt ausgeschlossen wäre. Ferner aber hätten auch einige der wichtigsten Stoffe für alle lebenden Wesen, insbesondere der Kohlenstoff, der ja nur in geringer Menge in Form von Kohlensäure in der Luft vorhanden ist, eine solche Verminderung erfahren, daß er für das Wachstum der grünen Pflanzen nicht mehr zureichte.

Diesen, den Untergang alles Lebens herbeiführenden Anhäufungen unbrauchbarer toter organischer Substanz, arbeiten die Saprophyten entgegen. Alles, was abstirbt, wird von ihnen sofort in Besitz genommen, zersetzt und in anorganische Stoffe umgesetzt, die den grünen Pflanzen wieder als Nahrung dienen. Fäulnis, Verwesung, Gährung sind die Prozesse, mittelst deren diese kleinen, meist dem bloßen Auge unsichtbaren Wesen ihre wichtige Aufgabe erfüllen.

Digitized by Google

Ein anderer Teil der Pflanzen ist in gewisser Beziehung noch tiefer gesunken; sie lassen sich von anderen Pflanzen vollständig erhalten, unbekümmert darum, ob der Wirt, bei dem sie sich einquartiert haben, zu Grunde geht oder nicht. Sie führen oft ein sehr bequemes Dasein und haben mitunter die Fähigkeit, sich selbst zu erhalten, so vollständig eingebüßt, daß ihnen sogar viele Organe, die ihnen sonst zukommen müßten, vollkommen fehlen. Das sind die echten Schmarotzer oder Parasiten. Andere wieder sind durchaus nicht auf Parasitismus angewiesen, nehmen aber ganz gern einmal eine passende Gelegenheit wahr, den nebenstehenden Pflanzen etwas von der gebildeten organischen Substanz zu entziehen. Überhaupt ist der Parasitismus bei den Pflanzen außerordentlich verschiedenartig ausgebildet, und er gewinnt schon deshalb für uns eine so hervorragende Bedeutung, weil sich an den Parasiten die Rückbildung von hochorganisierten Wesen zu mehr und mehr verkommenen in ausgezeichneter Weise erkennen läßt.

Auch aus einem anderen Grunde hat der Parasitismus für uns ein besonderes Interesse; zu den parasitischen Pflanzen gehören auch jene kleinsten Wesen, die als Erreger der gefürch-

Figur 34. Milzbrandbazillus, links Lagerung der Milzbrandbazillen im Gewebe, rechts Stäbchenreihen aus einer Kultur. (Stark vergrößert.)

tetsten Epidemien bekannt sind. Die Pest, die Cholera, der Typhus, die Diphtheritis, die Tuberkulose, der Milzbrand (Fig. 34) und viele andere werden durch parasitische Pflanzen, durch die Bakterien hervorgerufen. Indessen gerade bei den

Bakterien kommt Parasitismus und Saprophytismus häufig bei ein und derselben Art vor; der Typhusbazillus z. B. läßt sich sehr wohl auf toter organischer Substanz, auf den sogenannten „Nährböden" züchten, und findet gewiß auch nicht selten in der freien Natur außerhalb des menschlichen Körpers die Bedingungen seines Gedeihens. Ebenso ist es mit vielen anderen Bakterien, die, wenn sie in den menschlichen oder tierischen Körper gelangen, Krankheiten erzeugen können. Einige sind dabei allerdings ziemlich wählerisch und beanspruchen entweder ein ganz bestimmtes Nährsubstrat oder ganz bestimmte Kulturbedingungen. Das Bakterium der Tuberkulose wächst z. B. nur dann, wenn dem gewöhnlich verwendeten Nähragar noch Glyzerin zugesetzt wird und die Kultur annähernd bei Blutwärme (37° C.) gehalten wird. Der Rauschbrandbazillus, der beim Rindvieh eine bösartige Krankheit hervorruft, ebenso der Organismus des Wundstarrkrampfes, Bacillus Tetani, verlangen zu ihrem Gedeihen im Gegensatz zu anderen lebenden Wesen völligen Abschluß von atmosphärischem Sauerstoff. Die kleine Gruppe von Bakterien, die gleich den beiden eben genannten nur in sauerstofffreiem Nährboden gedeihen können, nennt man Anaerobionten.

Auch unter den Bakterien gibt es, wie wohl selten, obligate Parasiten, d. h. Organismen, welche ausschließlich im lebenden tierischen Körper gedeihen und außerhalb desselben auf organischen, aber toten Körpern nicht zu züchten sind. Ein Beispiel hierfür ist die Spirochaete Obermeieri, welche den Rückfalltyphus herbeiführt.

Die weitaus größere Mehrzahl der Bakterien lebt aber ausschließlich saprophytisch, begnügt sich also mit toten anorganischen Stoffen, die sie zersetzen und schließlich wieder in anorganische Verbindungen, hauptsächlich Ammoniak, Kohlensäure und Wasser auflösen, also in Stoffe, welche von den grünen Pflanzen wieder verwendet werden können. Dabei sind aber

Digitized by Google

die Fähigkeiten zur Zersetzung der organischen Substanz unter den Bakterien außerordentlich verschiedenartig, und die Zersetzungsprozesse selbst sind je nach den daran beteiligten Arten und je nach den zur Verfügung stehenden organischen Stoffen außerordentlich mannigfaltig. Denn es ist zu beachten, daß eine Bakterienart nur ganz bestimmte Prozesse auszulösen im stande ist und die Zersetzung einer organischen Verbindung nur bis zu einer bestimmten Grenze zu führen vermag. Dann setzen andere Arten ein und führen die Zersetzung weiter, bis schließlich die gesamte zur Verfügung stehende organische Substanz in die anorganischen Komponenten aufgelöst ist. Nun darf man sich den Vorgang nicht etwa so denken, daß ein Prozeß zeitlich auf den andern folgt, sondern die verschiedenen Zersetzungsvorgänge laufen nebeneinander her, da ja auch die Erreger derselben gewöhnlich gleichzeitig vorhanden sind, was bei der allgemeinen Verbreitung der Fäulnisbakterien wohl ausnahmslos der Fall sein dürfte.

Unter den saprophytischen Bakterien gibt es zahlreiche Arten, welche für den menschlichen oder tierischen Körper niemals schädlich sind, z. B. die Organismen, die bei der Milchsäurung und Käsereifung die Hauptrolle spielen. Andere Arten sind zwar an sich nicht pathogen, d. h. sie vermögen sich im menschlichen Körper nicht auf Kosten desselben zu vermehren und ihn zu schädigen, aber sie erzeugen bei der Zersetzung organischer Stoffe heftig wirkende Gifte, welche den Alkaloiden ähnlich sind, und oft durch Vergiftung vieler Personen infolge von Genuß verdorbener Nahrungsmittel (Wurst, Käse, Eiscreme, Fisch usw.) eine traurige Berühmtheit erlangt haben.

Noch andere Arten können unter meist noch nicht näher bekannten Umständen plötzlich eine parasitäre Angriffskraft erlangen und den Wirt, den sie oft jahrelang als harmlose Saprophyten bewohnt, mit schwerer Krankheit bedrohen. Ein solcher Organismus ist z. B. Bacillus coli, einer der gemeinsten Darm-

Digitized by Google

bewohner, und zwar in jedem menschlichen Verdauungskanal in Massen vorhanden. Unter Umständen kann er heftig pathogen wirken, und es ist auch gelungen, durch fortlaufende Impfung solcher pathogener Stämme dieser Art, die krankheitserregenden Eigenschaften desselben zu steigern und konstant zu erhalten.

Eine Eigentümlichkeit der meisten pathogenen Bakterien besteht darin, daß die Eintrittsstelle in den menschlichen oder tierischen Körper von Wichtigkeit dafür ist, ob eine Erkrankung erfolgen kann oder nicht. So wirkt der Organismus des Starrkrampfes, Bacillus Tetani, nur, wenn er durch Wunden in den Körper gelangt, der Typhusbazillus nur, wenn er mit Nahrung aufgenommen, resp. verschluckt wird. Bei anderen, z. B. beim Milzbrandbazillus, ist die Eintrittsstelle gleichgültig.

Unter den parasitischen Bakterien sind bisher nur sehr wenige bekannt, die Krankheiten bei Pflanzen erzeugen; von sehr vielen wird es allerdings behauptet, jedoch wahrscheinlich mit Unrecht. Die dicken, relativ festen und schwer zersetzbaren Zellwände der Pflanzen bieten den Bakterien nahezu unüberwindlichen Widerstand, und nur die Pilze, die infolge ihres völlig verschiedenen Wachstums einen gewissen Aufwand an mechanischer Kraft zu leisten vermögen, gelingt das Durchdringen der pflanzlichen Zellwände. Indessen wird beispielsweise die Naßfäule der Kartoffeln sicher durch Bakterien hervorgerufen. Ebenso kommt in Amerika eine unter dem Namen Pear blight und Apple blight bekannte Krankheit der Obstbäume vor, die ebenfalls durch Bakterien, durch den Bacillus amylovorus, hervorgerufen wird.

Auch die parasitischen Bakterien bevorzugen, ebenso wie die Pilze, gewisse Organismen als Wirte; dies geht sogar so weit, daß manche Arten nur bei einer bestimmten Tierspezies vorkommen. Auch dem Menschen sind bestimmte Bakterienarten eigen: Typhus, Cholera, Rückfallfieber kommen nur

Digitized by Google

beim Menschen vor, und sind entweder gar nicht oder nur unter ganz bestimmten, künstlich hervorgerufenen Verhältnissen auf Tiere übertragbar.

Im allgemeinen ist bei den Bakterien eine scharfe Grenze zwischen Parasiten und Saprophyten nicht gezogen. Bei den Pilzen ist gerade das Gegenteil der Fall; man findet bei ihnen wohl auch Arten, die bald saprophytisch, bald parasitisch leben, im allgemeinen sind aber die einen nur Saprophyten, die anderen nur Parasiten. Auch darin unterscheiden sie sich von den Bakterien, daß die Parasiten unter ihnen meist Pflanzen bewohnen und nur wenige auch Tiere. Zu den letzteren gehören mehrere insektenbewohnende Arten, unter denen Empusa Muscae die bekannteste ist. Es ist dies ein kleiner, zu den Enthomophtoreen gehöriger Pilz, welcher im Herbst die Stubenfliegen epidemisch befällt, ihren Körper mit seinen fadenförmigen Mycel durchwächst und nach außen kurze, feine Fäden entsendet, an welchen die Sporen entwickelt werden. Diese werden bei der Reife fortgeschleudert und bilden um die toten Fliegen, die in eigentümlicher Stellung mit gespreizten Beinen festsitzen, einen weißen, staubförmigen Anflug. Kommen andere Fliegen in die Nähe, so beladen sie sich mit den fortgeschleuderten Sporen, und diese treiben Keimschläuche in den Körper der Fliege, die dann ebenfalls der Krankheit erliegt. Ein anderer Insektenpilz ist Botrytis Bassiana, welche bei den Seidenraupen die gefürchtete Muskardine hervorruft, die mitunter die europäische Zucht der Seidenraupen in empfindlichster Weise geschädigt hat. Aus der Gattung Cordiceps leben ebenfalls zahlreiche Arten in verschiedenen Raupen, deren Tod sie herbeiführen.

Bei höheren Tieren sind Pilze als Parasiten selten; einige Arten der Gattung Aspergillus können unter besonderen Umständen eine Erkrankung, namentlich der Nieren herbeiführen, z. B. Aspergillus niger, und bei Rindvieh und Schweinen,

selten auch beim Menschen, kommt ein Organismus, dessen systematische Stellung noch nicht ganz sicher ist, Actinomyces, als Krankheitserreger vor. Zu den parasitischen Pilzen, die die Haut höherer Tiere bewohnen, sind auch einige beim Menschen vorkommende Arten zu rechnen, so Trichophyton tonsurans, welcher den Herpes und Achorion Schönleinii, welcher den Favus hervorruft, beides Pilze, die die behaarten Körperstellen aufsuchen, wenngleich letzterer auch auf unbehaarten vorkommt. Oidium albicans, der Soorpilz, lebt auf Schleimhäuten, namentlich im Munde, und ruft den bei Kindern nicht seltenen Soor hervor. Doch sind sowohl die Zahl der Arten, welche auf und in Tieren schmarotzen, als auch die Zahl der durch sie hervorgerufenen Krankheitsfälle nicht bedeutend.

Die Zahl der Pilzarten, die auf Pflanzen parasitisch leben, ist eine außerordentlich große und fast auf alle Gruppen verteilt. Es mögen hier nur einige der interessanteren Parasiten erwähnt werden. Unter den Uredineen oder Rostpilzen gibt es nicht wenige Arten, die einen ganz bestimmten Wirtswechsel in ihrem Entwicklungslauf zeigen, also auf verschiedene Pflanzen angewiesen sind; dabei fällt mit dem Wirtswechsel auch ein Wechsel in den Fruchtformen zusammen. So lebt z. B. der gewöhnliche Getreiderost, Puccinia graminis, in einer seiner Fruchtformen (Uredo- und Teleutosporen) auf verschiedenen Gräsern, namentlich Getreidearten, wie Roggen, Weizen usw. Eine andere Fruchtform desselben Pilzes, die Äzidien, leben dagegen auf den Blättern der Berberitze. Der Entwicklungsgang dieses Pilzes ist im allgemeinen folgender: Die zuletzt auf Getreide entstandenen Teleutosporen überwintern, keimen im Frühjahr aus und gliedern an besonderen Organen, den Basidien, je vier Sporen, Basidiosporen, ab. Diese Sporen werden vom Wind auf die Blätter der Berberitze getragen, keimen hier aus und dringen mit ihren feinen Keimfäden in das Blattgewebe ein. Nach einiger Zeit bilden sich auf den Blättern orange-

rote Flecke, die allmählich immer schärfer hervortreten, anschwellen und sich zu den Äzidien des Pilzes entwickeln, d. h. Fruchtkörpern, in denen besondere Fortpflanzungszellen, die Äcidiosporen, auf der Unterseite der Blätter erzeugt werden. Dieselben werden vom Wind auf die jungen Halme und Blätter von Getreide übertragen, keimen dort aus und rufen den sogenannten Getreiderost hervor, Pilzwucherungen, die sich im Gewebe der Gräser ausbreiten und an der Oberfläche zunächst in rostgelben Häufchen Uredosporen bilden. Diese Uredosporen keimen, wenn sie auf Gräser kommen, sofort wieder aus und entwickeln neue Pilzwucherungen; sie sind es, denen hauptsächlich die rasche Verbreitung der Rostkrankheit unter dem Getreide zur Last fällt. Später gegen Ende der Vegetationszeit, entwickeln sich an denselben Stellen statt der Uredosporen die dunkel gefärbten Teleutosporen, welche dazu berufen sind, eine Ruhezeit durchzumachen und erst im Frühjahr zu keimen. Fehlt in diesem Entwicklungsgang irgend ein Glied, so kann der Pilz nicht weiter gedeihen, da er auf bestimmte Pflanzen angewiesen ist. So können die im Frühjahr keimenden Teleutosporen nur dann zu neuen Rostkrankheiten des Getreides Veranlassung geben, wenn die von ihnen abgeschnürten Basidiosporen auf Berberitzenblätter gelangen. Nur auf diesen keimen sie aus und entwickeln die Äcidien, während die Äcidiosporen wiederum nur auf Getreide auszukeimen vermögen. Wo daher in getreidebauenden Gegenden die Berberitzen in größerem Umkreise völlig entfernt sind, kann die Rostkrankheit unter dem Getreide nicht auftreten.

Ähnliche eigentümliche Erscheinungen des Parasitismus sind durchaus nicht selten; so tritt z. B. Gymnosporangium Sabinae (Fig. 35) in der Teulotosporenform nur auf Juniperus Sabina, dem Sadebaum, auf, während seine Äcidien den Gitterrost der Birnbaumblätter bilden. Von vielen Uredineen kennt man die Entwicklungsgeschichte genau und weiß, auf

Digitized by Google

welchen Pflanzen die Ácidien, auf welchen die Teleutosporen auftreten. Bei einer größeren Anzahl dagegen ist bisher nur die eine oder die andere Fruchtform bekannt, d. h. man weiß noch nicht, welche Ácidien und welche Teleutosporen zusammengehören. Das kann nur experimentell festgestellt werden, indem man die Ácidiosporen auf verschiedene Pflanzen aussät und dann beobachtet, auf welcher sie keimen und Teleutosporen resp. Uredosporen entwickeln. Diese Experimente sind natürlich sehr zeitraubend und schwierig, da man im allgemeinen nur auf Vermutungen angewiesen ist, daß eine Ácidiosporenform mit dieser oder jener Teleutosporenform zusammenhängen könnte.

Figur 35.
Gymnosporangium Sabinae, Gitterrost der Birnbäume. a) Zweig von Juniperus Sabina mit Teleutosporenlagern; b) Ácidien auf einem Birnenblatt; dasselbe von der Seite, auf der Unterseite Ácidien.

Innerhalb der Gruppe der Uredineen ist aber der Entwicklungsgang nicht immer ein so komplizierter, wie bei dem Getreiderost; zuweilen findet sich nur eine Fruchtform, die Teleutosporen, die dann auch, wie bei Puccinia Malvacearum, auf einer und derselben Pflanze ihren Entwicklungskreis abschließen. Solche Uredineen nennt man autözisch, im Gegensatz zu den heterözischen, die, wie der Getreiderost, in seinem Entwicklungskreis auf verschiedene Wirtspflanzen angewiesen sind.

Während viele Pilze, wie Gymnosporangium Sabinae, auf ganz bestimmte Pflanzenarten angewiesen sind, gibt es andere, die durchaus nicht so wählerisch sind und sehr verschiedene Pflanzen befallen können, wenn auch einzelne Arten besonders bevorzugt werden. So kommt eine Peronosporee, Cystopus

Digitized by Google

candidus, auf allen möglichen Cruziferen, hauptsächlich aber auf dem Hirtentäschel, Capsella bursa pastoris, vor, Monilia fructigena befällte sehr verschiedene Früchte von Pomaceen.

Auch die saprophytischen Pilze zeigen hinsichtlich des Substrates ähnliche Verschiedenheiten. Während die verbreiteten Schimmelarten, Penicillium, Aspergillus und Mucor, fast auf allen organischen, namentlich stärke- oder zuckerenthaltenden Stoffen vorkommen, sind andere auf ganz bestimmte Substrate angewiesen, und vermögen auf anderen nur sehr kümmerlich oder gar nicht zu gedeihen. Dies gilt z. B. von den zahlreichen mistbewohnenden Arten, denen oft wieder eine enge Grenze gezogen ist, so daß die einen nur auf Hasenmist, die anderen nur auf Kuhmist usw. vorkommen; andere wieder lieben modernde Baumstämme, noch andere ziehen feuchtes, abgefallenes Laub vor. Namentlich sind es die eigentümlichen Myxomyceten oder Schleimpilze, welche diese Stoffe bewohnen und mit ihren kriechenden Plasmodien durchsetzen.

Unter den Phanerogamen oder Blütenpflanzen finden sich nur wenige echte Saprophyten; von unseren deutschen Pflanzen sind es hauptsächlich einige Orchideen, so Neottia nidus avis und Corallorrhiza innata. Sie zeichnen sich schon äußerlich durch ihre bleiche Farbe aus, da sie gar kein oder nur wenig Chlorophyll besitzen. Sie brauchen es nicht, denn sie entnehmen dem Humus, in dem sie stehen, fertig gebildete organische Nährstoffe, die sie in ihrem Gewebe nur umbilden. Sie brauchen deshalb nicht zu assimilieren, und deshalb haben die Assimilationsorgane als überflüssig eine starke Rückbildung erfahren. Zunächst gilt dies von den Chlorophyllkörnern; die Träger des Chlorophyllfarbstoffes sind zwar noch vorhanden, aber als fast farblose Chromoplasten ausgebildet, welche höchstens minimale Spuren von Chlorophyll enthalten. Auch die Blätter, die ja hauptsächlich der Assimilation dienen, und die bei unseren anderen Orchideen schön entwickelt und grün sind,

Digitized by Google

sind bei den genannten Pflanzen zu unscheinbaren, bleichen Schuppen reduziert. Überall macht sich hier eine auffallende Rückbildung geltend, nur der unterirdische Stammteil, das Rhizom, ist verhältnismäßig reich entwickelt, allerdings auf Kosten der Wurzeln, die es in gewisser Hinsicht ersetzt. Vielleicht wirken Pilze, welche die Rhizome der Wurzeln umgeben, bei der Ernährung dieser Pflanzen mit.

Viel zahlreicher sind die Parasiten unter den Phanerogamen, und auch der Grad des Parasitismus ist in sehr verschiedener Weise ausgebildet. Es gibt Arten, die nicht durchaus auf parasitische Lebensweise angewiesen sind, sondern sich sogar recht gut allein ernähren können; wird ihnen aber eine passende Gelegenheit geboten, so nehmen sie dieselbe gern mit und gedeihen dann in der Regel viel üppiger. Hierher gehören viele Arten aus der Familie der Rhinantheen (Scrophulariaceen), Euphrasia, Bartschia, Rhinanthus, Melampyrum, Pedicularis. Der Wachtelweizen (Melampyrum) kann unter Umständen auch saprophytisch leben, wenn keine passenden Pflanzen in der Nähe stehen, im übrigen nimmt er, wie die Arten der anderen genannten Gattungen, ohne besonders wählerisch zu sein, mit allen möglichen Pflanzen vorlieb, selbst mit schwächeren Individuen derselben Art. Sie entziehen ihren Nachbarpflanzen in der Weise Nährstoffe, daß sich ihre Wurzeln, sobald sie mit den Wurzeln anderer Pflanzen in Berührung kommen, an diese mit scheibenförmigen Saugorganen (Haustorien) anheften und in sie eindringen; ein Teil der Nährstoffe wird dann anstatt der befallenen Pflanze dem Parasiten zugeführt. Ganz ähnlich verhalten sich die Arten der zu den Santalaceen gehörenden Gattung Thesium, bleichgrüne Kräuter unserer Wiesen. Auch die Rhinantheen weichen in ihrer Färbung etwas von derjenigen der gewöhnlichen grünen, krautartigen Pflanzen ab, sie sind nicht rein grün, sondern bleicher, oder durch Vorhandensein eines meist roten Farbstoffes trüber, dunkler gefärbt. Der

Digitized by Google

Chlorophyllapparat ist bei ihnen zwar noch normal entwickelt, aber doch nicht mehr in dem Umfange, wie bei anderen, nicht parasitierenden Pflanzen.

Einer unser häufigsten und bekanntesten Parasiten ist die auf verschiedenen Laub- und Nadelbäumen lebende Mistel, Viscum album (Fig. 36), ein kleiner, immergrüner Strauch mit dicken, lederartigen Blättern, der namentlich im Winter in den kahlen Laubbäumen durch seine grüne Farbe auffällt. Auch bei der Mistel ist der Chlorophyllapparat noch vollständig entwickelt, und es ist wahrscheinlich, daß die Mistel bei ihrem verhältnismäßig langsamen Wachstum im stande ist, ihre Kohlehydrate selbst zu bilden; wahrscheinlich bezieht sie von ihrem

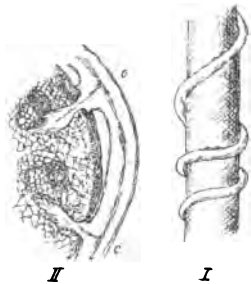
Figur 36. Eindringende Saugwurzeln der Mistel.

Wirt nur Nährsalze und vielleicht Eiweißkörper. Dagegen ist sie nicht mehr imstande, auf sich selbst angewiesen, sich zu entwickeln, nur auf den Ästen und Zweigen verschiedener Bäume wächst sie heran; sie ist also bereits ein echter Parasit, obwohl er seinen Wirt, wo er nicht in großer Menge vorkommt, nicht besonders schädigt. Ähnlich verhalten sich die verwandten Loranthaceen, insbesondere der im südlichen Europa auf Eichen schmarotzende Loranthus europaeus.

Echte Parasiten, die ihre Wirtspflanzen empfindlich schädigen, sind die Arten der Gattung Cuscuta, Teufelszwirn, die namentlich Klee, Hopfen, Weiden usw. befallen. Bei ihnen ist der Assimilationsapparat schon sehr stark reduziert; Chlorophyll ist nur in sehr geringer Menge oder gar nicht vorhanden, und die Blätter sind zu unscheinbaren Schuppen verkümmert. Die

Digitized by Google

Stengel bilden blaßrötliche, dünne, verzweigte Fäden mit knäuelförmig gehäuften Blütenständen; wo sie die Wirtspflanzen berühren, umwinden sie dieselben und senden ihre Saugwurzeln in das Gewebe des Wirtes, den sie oft bis zur Vernichtung aussaugen. Sie sind bereits so sehr an eine parasitische Lebensweise angepaßt, daß z. B. ihre Samen nur keimen, wenn sie in Berührung mit den Wirtspflanzen kommen, und wenn sie dazu keine Gelegenheit haben, jahrelang keimungsfähig im Erdboden liegen. Am bekanntesten ist die Kleeseide,



II I

Figur 37. Cuscuta auf einem Weidenzweig schmarotzend. I. Stengel der Cuscuta um einen Weidenzweig sich schlingend. II. Durchschnitt durch einen Weidenzweig und Cuscuta-Stengel mit den eindringenden Haustorien.

Cuscuta Epithymum var. Trifolii, die auf Klee und Luzerne schmarotzt und den Ertrag dieser Futterpflanzen oft sehr wesentlich verringert. Solche „Seideflecken" sind in den grünen Kleefeldern als fahle, rötlichgelbe Flecken oft weithin sichtbar; sie dehnen sich mit ziemlicher Schnelligkeit aus, indem die fädigen Stengel der Seide zentrifugal von dem Herde aus fortwachsen und immer neue Kleepflanzen ergreifen und vernichten. Nur ein Abgraben und Zuwerfen der Seideflecken mit Erde schützt, zeitig angewendet, vor namhaften Verlusten im Ertrage. Wo einmal Samen der Kleeseide in größerer Menge in den Acker

Digitized by Google

gelangt ist, dauert es meist mehrere Jahre, ehe der Boden wieder „seidefrei" wird, weil eben die Cuscuta-Samen so lange Zeit ihre Keimkraft bewahren. Ebenso gefährlich wie die Kleeseide ist Cuscuta Epilinum auf Leinfeldern, und zuweilen tritt auch Cuscuta major verheerend auf Hanf, Hopfen oder Weiden auf (Fig. 37).

Figur 38. Orobanche ramosa. Zwei Pflanzen an einer Hanfstaude schmarotzend ($^1/_2$ natürlicher Größe).

Eine andere Gruppe von Parasiten, die ebenfalls einigen unserer Kulturpflanzen beträchtlichen Schaden zufügen können, wird durch die Gattung Orobranche repräsentiert. Sie sind Wurzelparasiten, den Rhinantheen nahe verwandt, aber wie die Arten der Gattung Cuscuta schon obligate Parasiten, die nicht mehr für sich allein zu gedeihen vermögen. Gefürchtet ist besonders Orobanche ramosa (Fig. 38 und 39), der Hanf-

Digitized by Google

würger, der auf Hanf und Tabak vorkommt und unter Umständen ebenfalls den Ertrag dieser Pflanzen erheblich herabsetzt. Gewöhnlich kommen beim Tabak die gelblichen, chlorophyllfreien Stengel der Orobanche erst nach der Ernte aus dem Boden hervor und entfalten ihre zierlichen, weißlichen, oder zartblauen Blüten. Auch bei ihnen behält der Samen außer-

Figur 89. Ein Teil der vorigen Figur in natürlicher Größe: bei a dringen die Saugwurzeln der Orobanche in die Wurzel der Hanfstaude h ein.

ordentlich lange seine Keimkraft und kann jahrelang im Erdboden ruhen, bis er Gelegenheit findet, zu keimen und sich auf einer passenden Wirtspflanze zu entwickeln. Ebenso wie bei den Kuskuteen sind die Laubblätter bei den Orobanchen auf das geringste Maß kleiner, mißfarbiger Schüppchen reduziert, und der Chlorophyllapparat ist bei ihnen sogar ganz verschwunden. Außer der genannten Orobanche ramosa gibt es bei uns

Digitized by Google

noch viele Arten, die alle auf eine oder wenige Arten von Wirtspflanzen angewiesen sind, oft aber einen sehr beschränkten Verbreitungskreis besitzen.

Ganz eigentümliche Schmarotzer sind die außereuropäischen Rafflesiaceen, die, abgesehen von der Blüte und Fruchtzeit, ganz im Innern ihrer Wirtspflanzen als höchst einfache, wenig differenzierte Körper ihr Dasein verbringen. Ihre vegetativen Organe sind infolge des bis zur höchsten Stufe ausgebildeten Parasitismus auf die denkbar niederste Entwicklung herabgedrückt; sie bilden z. B. bei manchen Rafflesia-Arten nur formlose Zellkomplexe, bei Pilostyles pilzmycelartige, aufgelöste Zellreihen. Dagegen sind die Blüten oft zu außergewöhnlicher Entfaltung gelangt; Rafflesia Arnoldi, in den Sunda-Inseln heimisch, trägt z. B. die größten überhaupt bekannten Blüten, die bis 1 m Durchmesser besitzen und durch ihre trüb purpurne Farbe und seltsame Zeichnung eine auffallende Erscheinung von eigenartiger Pracht bilden.

VII. Kapitel.

Symbiose.

Zwischen dem ausgesprochenen Parasitismus, bei welchem zwei verschiedene Organismen zusammenleben, aber zum ausschließlichen Nutzen der einen und zum Schaden der anderen Art, und dem beziehungslosen Nebeneinanderleben der verschiedensten Geschöpfe gibt es eine Menge Zwischenstufen, in denen sich zwei Wesen in irgend einer Weise aneinander angepaßt haben. Diese Anpassung kann eine sehr verschiedenartige sein; sie kann beiden Teilen in gleichem Maße Vorteil gewähren, sie kann aber auch dem einen mehr, dem andern weniger nützen, und sie kann schließlich von der einen Seite nur sehr unfreiwillig geschehen. Solche Erscheinungen haben wir vielfach bei der

Befruchtung der Blütenpflanzen, bei den Ameisenpflanzen, Insektenfressern usw. kennen gelernt.

In einer anderen Form der gegenseitigen Beziehungen bewegen sich die Erscheinungen, welche wir nach dem Vorgange De Barys als Symbiose bezeichnen. Hier haben sich zwei verschiedene Organismen in irgend einer Weise zu gegenseitigem Nutzen verbunden, und zwar oft in einer Weise, daß sie ihre Selbständigkeit aufgegeben haben und nur noch in diesem Zusammenleben vorkommen.

Die ersten Anfänge einer solchen Symbiose sind vielleicht in dem geselligen Vorkommen von Pflanzen zu suchen, die, jede für sich, unter gegebenen Verhältnissen zwar ihr Leben zu fristen vermochten, aber dennoch weit besser gediehen, wenn sie mit der anderen Art zusammenwuchsen, indem die eine Art die Bedingungen für die Existenz der anderen verbessert. Ja, zuweilen ist die Existenz der einen Art geradezu von dem Vorhandensein der anderen abhängig und kann erst infolge der Tätigkeit derselben selbst sich äußern. Es gibt eine Gruppe von Bakterien, welche man mit einem nicht ganz richtig gebildeten Wort als Anaeroben [1]) bezeichnet; sie sind dadurch ausgezeichnet, daß sie nur bei Abwesenheit von Sauerstoff zu gedeihen vermögen. Da nun aber atmosphärische Luft mit einem verhältnismäßig hohen Prozentgehalt von Sauerstoff in allen flüssigen, organische Substanzen enthaltenden Stoffen, die als Nährsubstrate für Bakterien dienen können, gelöst zu sein pflegt, so würde diesen Organismen die Existenzbedingungen niemals gegeben sein, wenn nicht andere Organismen, infolge ihres hohen Sauerstoffbedürfnisses, diese Bedingungen schaffen würden. Die aeroben Bakterien verbrauchen nämlich verhältnismäßig rasch den in einer Flüssigkeit gelösten Sauerstoff, machen

[1]) Richtiger wäre Anaerbionten; da sich aber die Worte aerob und anaerob in der deutschen Sprache eingebürgert haben, so mögen sie auch ruhig in dieser Form gebraucht werden.

Digitized by Google

sie sauerstoffrei und schaffen so die Möglichkeit für die Existenz der anaeroben Arten. Eine solche Beziehung zwischen zwei Organismen, bei welchen die Existenz der einen Art erst durch die Lebenstätigkeit der anderen ermöglicht wird, ohne daß beide körperlich irgendwie verbunden wären, hat man als Metabiose bezeichnet.

Eine ganz ausgesprochene Symbiose finden wir dagegen bei den Flechten, die man lange Zeit als einheitliche Organismen angesehen und mit den Pilzen und Algen zur Gruppe der Thallophyten vereinigt hatte. Nun hat sich aber, und zwar erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, herausgestellt, daß die Flechten aus einer eigentümlichen Vereinigung von Pilzen und Algen bestehen, also durchaus keine diesen gleichwertige Pflanzengruppe bilden.

Es war zwar schon lange bekannt, daß der Flechtenthallus aus zweierlei ganz verschiedenen Elementen besteht, aus pilzmycelartigen, farblosen Schläuchen und aus grünen, algenähnlichen Zellen, und daß sie in der Fruktifikation den Pilzen, hauptsächlich den Askomyceten, sehr ähnlich sind. Aber niemand hatte daran gedacht, daß es sich dabei wirklich um Pilze und Algen handeln könnte, die zu gegenseitigem Nutzen sich eng verbunden und äußerlich wenigstens eine ganz neue und eigenartige Pflanzenform gebildet haben. Nun hat sich aber, besonders durch die Untersuchungen von Bornet und Schwendener, herausgestellt, daß die grünen, als Flechtengonidien bezeichneten Elemente der Flechten wirkliche Algen, und die farblosen, pilzmycelartigen Teile wirklich Pilze sind, die sich sogar gesondert züchten lassen. Indessen ist diese Anpassung in der Natur so weit gediehen, daß beide einen Flechtenthallus bildende Organismen in der Natur wahrscheinlich gar nicht mehr für sich vorkommen. Die dabei in Betracht kommenden Pilze gehören zum weitaus größten Teil den Askomyceten an, nur wenige Flechtenpilze sind Basidiomyceten, und man unterscheidet da-

Digitized by Google

nach Basidiolichenes und Ascolichenes. Ebenso sind die Flechtengonidien meist Algen aus der Gruppe der Cyanophyceen, nicht wenige gehören jedoch auch den Chlorophyceen an.

Der gegenseitige Nutzen, den sich die beiden Pflanzen bringen, beruht darin, daß die Pilze von den assimilierenden Algen fertig gebildete organische Substanz, insbesondere Eiweißkörper und Kohlehydrate beziehen, während sie dafür Wasser und anorganische Salze zuführen und für den Bedarf der Algenzellen speichern. Die engen Beziehungen zwischen beiden Organis-

Figur 40. Zellen aus einem Flechtenthallus (von **Xanthoria parietina**); drei Algenzellen von Pilzhyphen umsponnen.

men finden ihren Ausdruck darin, daß der Pilz die Algenzellen vollständig mit seinem Hyphengeflecht umspinnt und sich eng an sie anlegt, ohne jedoch in sie einzudringen und sie zu schädigen. (Vgl. Fig. 40.)

Das Produkt dieser Symbiose zwischen Pilzen und Algen — die Flechten sind nun von beiden Organismen vollkommen verschieden und besitzen einen ganz eigenartigen Habitus; sie sind auch hinsichtlich ihrer Lebensbedürfnisse von beiden sehr verschieden. Während sowohl Pilze wie Algen im allgemeinen auf verhältnismäßig viel Feuchtigkeit angewiesen sind, die Algen sogar zum weitaus größten Teil im Wasser leben, bewohnen die Flechten gerade meist trockene Orte, hauptsächlich Rinde, Steine, Felsen, die dem austrocknenden Luftzuge in hervorragender Weise ausgesetzt sind; sie lieben luftige, helle Orte und setzen dann dem heißesten Sonnenbrande eine unüberwindliche Widerstandskraft entgegen. So haben sich durch

Digitized by Google

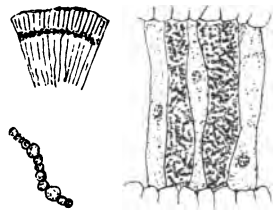
die enge Verbindung zweier Organismen ganz neue Eigenschaften entwickelt, die gesondert keinem von beiden Teilen zukommen.

Die Algen sind auch noch bei verschiedenen anderen Formen der Symbiose beteiligt, wobei man allerdings nicht immer sagen kann, ob es sich um echte Symbiose, d. h. ein Verhältnis, in welchem beide Teile Nutzen davontragen, oder nur um Raumparasitismus handelt, wobei ein Organismus sich in einem anderen ansiedelt, ohne jedoch dabei seinen Wirt zu schädigen. Ein solcher Fall scheint z. B. bei Anabaena Azollae vorzuliegen, einer zu den Nostocaceen gehörigen Spaltalge, die in gewissen höhlenförmigen Blattteilen des Wasserfarns Azolla caroliniana mit großer Regelmäßigkeit vorkommt. Die Blätter von Azolla bestehen aus einem oberen schwimmenden und einem unteren, im Wasser untergetauchten Teil; in dem oberen befindet sich eine enge Höhlung, die einen sehr schmalen Ausführungsgang nach außen besitzt. Diese Höhlungen werden stets von einer kleinen, blaugrünen Alge, die in perlschnurförmigen Ketten angeordnete runde Zellen besitzt, bewohnt. Gegenseitige Beziehungen zwischen Alge und Wasserfarn lassen sich nicht nachweisen; wahrscheinlich findet die Alge nur in den Höhlungen gesicherte Unterkunftsräume, kommt aber auch außerhalb der Azolla vor. Ebenso kommen blaugrüne Algen in ähnlich gebildeten Blatthöhlungen verschiedener Lebermoose vor.

Merkwürdiger ist das Auftreten blaugrüner Algen im Gewebe höherer Pflanzen. So findet sich Nostoc Gunnerae ganz regelmäßig im Stammgewebe von Gunnera scabra, Anabaena Cycadearum in den Intercellularräumen der Rinde von Cykadeen (Fig. 41). Inwieweit hier symbiotische Beziehungen zwischen den höheren Pflanzen und den Algen stattfinden, ist noch nicht ermittelt, vielleicht handelt es sich auch hier nur um Raumparasitismus. Jedenfalls ist die Annahme, daß die Algen Stickstoff aufnehmen und in gebundener Form an die Wirts-

Digitized by Google

pflanzen abgeben, nicht sicher gestellt, im Gegenteil durch neuere Untersuchungen wohl mit Bestimmtheit als unrichtig erwiesen.



Figur 41. **Nostoc Cycadearum.** a) Teil einer von Nostoc bewohnten Wurzel von einer Cykadee (Encephalartos) im Querschnitt; die dunkle Linie bezeichnet die nostochaltige Gewebeschicht. b) Teil des nostochaltigen Gewebes, vergrößert. c) Faden von Nostoc, stark vergrößert.

Ebenso wie zu anderen Pflanzen treten die Algen auch zu niederen Tieren in symbiotische Beziehungen. Das bekannteste Beispiel hierfür ist der grüne Süßwasserpolyp, Hydra viridis. Das zierliche Tierchen erscheint intensiv chlorophyllgrün, verdankt aber diese Färbung nur der Einlagerung grüner Algen, „Zoochlorellen", welche das Innere der schlauchförmigen Polypen in dichter Schicht auskleiden und wie Chromatophoren aussehen. Schon die Eier der Hydra umschließen Zoochlorellen, welche sich dann beim Wachstum des Tieres in gleichem Maße mitvermehren. Ähnliche Symbiosen finden sich noch häufig zwischen Algen und niederen Tieren, z. B. bei der grünen Form des Süßwasserschwammes, bei einigen Infusorien und selbst bei Würmern. Hier haben die Algen ihre Selbständigkeit sogar soweit aufgegeben, daß sie als nackte, membranlose Zellen im Körper der Tiere vorkommen.

Auch die Pilze haben noch mit anderen Organismen symbiotische Beziehungen. Bei den Kupuliferen (Eiche, Haselnuß usw.) sind z. B. die Wurzeln von einem dichten Pilzmantel um-

Digitized by Google

geben, der mit seinen feinen, haarförmigen Ausläufern die Ernährung der Pflanze aus dem Boden übernimmt und ihr Wasser und Nährsalze zuführt, dafür aber fertig gebildete organische Stoffe enthält. Auch bei anderen Pflanzen, wenn auch nicht so regelmäßig, kommen ähnliche Pilzbildungen an den Wurzeln vor. Man nennt diese eigentümlichen Vereinigungen von Wurzel und Pilz Mykorrhizen und unterscheidet sie in ektotrophe, wenn der Pilz äußerlich die Wurzel überzieht, und endotrophe, wenn die Pilzfäden im Innern der Wurzel verlaufen, wie bei den Orchideen. Diese endotrophen Mykorrhizen haben wohl weniger den Zweck, die Pflanze mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen, als vielmehr in einem bestimmten Stadium, nachdem sie ihrerseits von der Pflanze längere Zeit hindurch Nährstoffe bezogen haben, von dem Gewebe der Wirtspflanze aufgelöst und als Nährstoffe verwendet zu werden.

Im Gegensatz zu diesen Mykorrhizen stehen die Mykodomatien, besondere, an den Wurzeln entstehende Gebilde, welche ausschließlich für die Symbiose höherer Pflanzen mit niederen bestimmt sind. Am bekanntesten sind die Wurzelknöllchen der Leguminosen, deren Bedeutung erst in den letzten Jahrzehnten richtig erkannt ist, wenn auch noch manche Einzelheiten der Aufklärung harren.

An verschiedenen Stellen der Wurzeln unserer Leguminosen, z. B. der Erbse, der Lupine usw., entstehen kleine, senfkorn- bis erbsengroße, rundliche Anschwellungen, welche dadurch zu stande kommen, daß gewisse Bodenbakterien, vorläufig als Bacillus radicicola zusammengefaßt, in das Gewebe der Wurzel eindringen und hier offenbar einen Reiz ausüben, der diese Anschwellungen veranlaßt (Fig. 42). Bei manchen Leguminosen werden besondere Plasmafäden aus dem Gewebe hervorgestreckt, welche Infektionsfäden genannt werden und den Zweck haben, die Bakterien anzulocken und nach dem Ort des zukünftigen Wurzelknöllchens zu leiten. Die Bakterien

Digitized by Google

vermehren sich hier zunächst ziemlich lebhaft; manche mögen dabei aus der Pflanze wieder in den Boden gelangen, die meisten bleiben aber in den Zellen und werden unter dem Einfluß des pflanzlichen Plasmas zu eigentümlichen bakterienähnlichen, aber toten Gebilden, den Bakteroiden, die als eiweißreiche Körper schließlich von der Pflanze verbraucht werden. Die Bakterien haben nun die Eigenschaft während ihrer lebhaften Entwicklung, den atmosphärischen Stickstoff zu binden

Figur 42. Wurzelknöllchen an Lupinenwurzeln.

und zum Aufbau ihres Plasmas zu verwenden. Nachdem sie in Bakteroiden übergeführt und abgestorben sind, werden die Eiweißkörper von der Pflanze aufgenommen und verarbeitet. Die Leguminose liefert ihnen während ihrer Entwicklung Kohlehydrate und im Anfang auch wohl gewisse Mengen organischer Stickstoffverbindungen, erhält aber schließlich, besonders zur Zeit der Samenbildung erheblich viel größere Mengen organischer Stickstoffverbindungen zurück. Hierdurch wird die Stickstoffzunahme in mit Leguminosen bebautem Boden erklärt.

VIII. Kapitel.

Insektenfressende Pflanzen.

Eine unendliche Mannigfaltigkeit der Wechselbeziehungen herrscht zwischen den verschiedenen Geschöpfen der Erde; sie sind alle aufeinander angewiesen, und sehr oft würde eine Art verschwinden, wenn man eine andere, oft einer ganz anderen

Digitized by Google

Klasse von Wesen angehörende, von ihr fernhielte. Am auffälligsten sind diese Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Insekten; daß die letzteren die Befruchtung vieler Blütenpflanzen vermitteln, indem sie dafür Nahrung erhalten, ist in einem früheren Abschnitt eingehend erörtert worden. Daß manche die von ihnen bewohnten Pflanzen nach Kräften beschützen und dafür Kost und Logis erhalten, finden wir bei den Ameisenpflanzen. Aber auch einseitig ist sehr oft das Interesse, welches die eine Gruppe von Geschöpfen an der anderen hat; meist sind es die Insekten, welche ihre Nahrung aus dem Pflanzenreich beziehen, ohne irgend welche Gegenleistung, in einigen Fällen — abgesehen von Parasiten — müssen aber auch die Insekten ohne Gegenleistung den Pflanzen als Nahrung dienen.

Diese unter dem gemeinsamen Namen der insektenfressenden Pflanzen zusammengefaßten Arten gehören sehr verschiedenen Familien an; ihre Zahl ist beschränkt, doch ist dafür die Verschiedenheit in den Einrichtungen zum Fange der Insekten um so größer.

Die ersten Anfänge zum Insektenfang findet man bereits bei einigen tropischen Lebermoosen (besonders der Gattungen Pleurozia und Colurolejeunia). Hier sind die Blättchen teilweise zu sackartigen Fangvorrichtungen umgewandelt, deren Innenraum durch eine nur von außen zu öffnende Klappe verschlossen ist. Dringen Tiere ein, so können sie nicht mehr heraus und müssen im Innern der Blasen umkommen; ob sie aber auch schon von den Lebermoosen zur Nahrung verwendet werden, ist zweifelhaft.

Eine andere, bei uns in mehreren Arten verbreitete Gattung insektenfressender Pflanzen ist der Wasserschlauch (Utricularia), welcher Wiesengräben, Moore und Brüche, flache Teiche und Tümpel bewohnt und, frei im Wasser umhertreibend, gerade die flachen Stellen des Gewässers, die am reichsten an kleinen

Tieren zu sein pflegen, bevorzugt. Es sind zierliche Pflänzchen mit außerordentlich fein zerteilten Blättern und eigentümlichen blasigen Behältern, die je nach der Art in verschiedener Anordnung an der Pflanze stehen und als sehr praktische Fallen für kleine Tiere eingerichtet sind. (Vgl. Fig. 43 und Erklärung.) Die Blasen sind eiförmig-rundlich, dünnwandig und durchscheinend von trübgrüner Farbe, etwas zusammengedrückt mit stärker entwickelter, oft hoch gewölbter Rückenseite. An dem Ende der Unterseite befinden sich eine Anzahl steifer Borsten, welche wie Barthaare um die enge Mundöffnung stehen, durch welche der Eingang in das Innere der Blase führt. Dieser Eingang ist aber durch eine nach innen zu sich öffnende Klappe

Figur 43. Durchgeschnittene Blase von Utricularia. Zwischen den beiden Borstenreihen führt der Weg zu der Öffnung der Blase, die durch eine nach innen sich öffnende Falltüre, die obere, nach innen einspringende Wand, nur leicht verschlossen ist. Im Innern der Blase sind feine Saugzellen.

verschlossen, welche zwar dem leisesten Druck von außen sofort nachgibt und kleine Tiere hereinläßt, bei einem Druck von innen jedoch sich fest vor die Öffnung legt und so die Tiere gefangen hält. Die Tierchen, wozu besonders die kleinen Flohkrebse, junge Mückenlarven usw. gehören, suchen wohl kaum freiwillig diese gefährlichen Fangapparate auf; vielleicht suchen sie im Falle eines Angriffes Schutz in einem gesicherten Versteck, meist sind es aber die Borsten, durch welche die Tierchen in die Blase dirigiert werden, wenn sie zufällig mit ihnen in Berührung kommen. Die kleinen, sich meist stoßweise bewegenden Flohkrebse, prallen an die starren Borsten der Mundöffnung an, fahren zurück und werden durch die auf der Unterseite stehenden Borsten aufgehalten; nun geraten die Tierchen in Aufregung,

Digitized by Google

sie wollen sich aus dem unheimlichen Labyrinth von Stacheln befreien, überall anprallend und immer rascher sich einen Ausgang suchend. Dabei gelingt es freilich vielen, zwischen den Borsten zu entkommen oder den richtigen Weg von der Mundöffnung fort zu treffen; eine große Anzahl aber wird durch die eigentümliche Stellung der Borsten rasch nach dem Eingang hingeleitet. Schließlich prallen sie auch gegen die Schlagtüre des Mundes, dringen ein und sind gefangen. Diese Beobachtungen lassen sich leicht in einem flachen, mit Wasser gefüllten Porzellanteller machen, in welchem man ein blasentragendes Stück einer Utricularia und eine Anzahl Flohkrebse gesetzt hat.

Das Schicksal der gefangenen Tierchen ist ein langsamer, qualvoller Hungertod. Alle Anstrengungen, aus dem engen Gefängnis zu entkommen, sind vergeblich; außer dem Hunger gesellt sich wohl auch manchmal noch Mangel an Sauerstoff zu den Leiden, und nach mehreren Stunden, oft auch erst nach Tagen macht der Tod ihren vergeblichen Befreiungsversuchen ein Ende. Sie verwesen und werden allmählich völlig zersetzt; die dabei entstehenden Stoffwechselprodukte scheinen durch besondere Zellen, die Saugzellen, welche sich auf der Innenseite der Blase finden (Fig. 43), aufgenommen und der Pflanze zugeführt zu werden.

In den Tropen gibt es Utricularien, welche an ganz besondere Verhältnisse angepaßt sind, und nicht in Sümpfen leben, sondern in den mit Wasser gefüllten Blattrosetten riesiger Bromeliaceen (besonders Vriesea). Auch sie betreiben den Tierfang in gleicher Weise, denn in jenen Wasseransammlungen findet sich ebenfalls sehr bald ein reiches Leben kleiner Tiere ein. Bei diesen tropischen Utricularien findet sich noch eine andere, interessante Eigentümlichkeit. Durch das Absterben der unteren Blattrosetten der Bromeliaceen verschwinden auch die Wasseransammlungen und die Utricularien würden zu Grunde

Digitized by Google

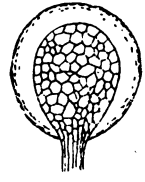
gehen. Sie senden jedoch fortwährend Ausläufer nach oben in die neu entstandenen Wasseransammlungen, und während sich oben eine neue Pflanze an dem Ausläufer entwickelt, stirbt sie in den unteren, zerfallenden Blattrosetten ab. So klettert eine Utricularia mit dem wachsenden Stamm der Bromeliaceen in die Höhe. Ebenfalls den Tropen gehören Utricularien an, welche Erd- oder Felsbewohner sind und dennoch den Insektenfang betreiben. Ihre Blasen werden dann zwischen den verwesenden Teilen von Moosen oder Farnen oder in der lockeren Erde entwickelt.

Von unseren deutschen Pflanzen ist besonders Drosera, der Sonnentau, als insektenfressende Pflanze bekannt. Der Sonnentau (Fig. 44) ist eine kleine, zierliche Pflanze unserer Torfmoore mit rosettenförmig gestellten Blättern und kleinen weißen Blüten, die um einen aus der Mitte der Rosette entspringenden Blütenschaft stehen. Die Blätter sind rundlich (Drosera rotundifolia) oder länglich (Dr. longifolia, intermedia), dicht mit rötlichen Drüsenhaaren besetzt. Diese Haare tragen Köpfchen, welche eine klebrige Flüssigkeit aussondern (Fig. 45), an denen kleine Insekten leicht hängen bleiben. Die Haare sind aber auch reizbar, und ist ein solches Insekt an den Drüsen hängen geblieben, so krümmen sich die meisten anderen Haare ebenfalls nach dieser Stelle hin, so daß das Insekt bald ganz von den Köpfchen der Drüsenhaare bedeckt und festgehalten ist. Nun werden aber auch andere Stoffe ausgeschieden, Enzyme, welche die Fähigkeit besitzen, die in dem Insekt enthaltenen Eiweißstoffe zu lösen, zu peptonisieren. Die gelösten Eiweißstoffe werden dann durch besondere Organe, Saugzellen, aufgenommen und dem Körper der Droserapflanze zugeführt. Daß der Sonnentau wirklich im stande ist, die Eiweißstoffe der gefangenen Insekten zu verdauen, ist durch eine Reihe interessanter Versuche festgestellt worden, und da es sich um eine nicht gerade seltene, sondern ziemlich verbreitete Pflanze

Digitized by Google

handelt, an der einige dieser Versuche ohne Schwierigkeiten angestellt werden können, so mag darüber noch folgendes mitgeteilt werden.

Figur 44. Drosera rotundifolia. Sonnentau (2/3 natürl. Größe).



Figur 45. Köpfchen eines Drüsenhaares von Drosera, mit ausgeschiedenem Flüssigkeitstropfen.

An ihrem natürlichen Standorte, im Torfmoos unserer Moore, erscheint das zierliche Pflänzchen unscheinbar, rötlich gefärbt, meist mit offenen Blättern, die in der Mitte kurze, am Rande lange Drüsenhaare tragen. Im hellen Sonnenschein glitzern an den Drüsenköpfchen kleine, kristallhelle Tröpfchen, welche offenbar von Insekten häufig in der Annahme aufgesucht

Digitized by Google

werden, dort Honig oder Nahrung anderer Art zu finden. Aber diese Hoffnung ist trügerisch, denn sobald sich eine kleine Fliege oder Mücke auf einem Droserablatt niederläßt, oder sobald man mit einer feinen Pincette ein solches Insekt auf ein Blatt bringt wird es durch den klebrigen, zähen Saft der funkelnden Tröpfchen festgehalten und kann sich trotz aller Anstrengungen nicht wieder frei machen. Gewöhnlich kommt es bei diesen vergeblichen Befreiungsversuchen auch noch mit den benachbarten Drüsenköpfchen, deren ein einziges Blatt gegen 200 besitzt, in Berührung, und auch diese geben ihren klebrigen Saft an das Insekt ab, welches davon immer mehr überzogen wird, so daß schließlich die Tracheen verstopft werden und der Erstickungstod eintritt. Kleine Insekten sind oft schon nach wenigen Minuten getötet, größere wehren sich länger und gehen erst dann zu Grunde, wenn eine größere Anzahl von Drüsenköpfchen ihren Klebstoff an sie abgegeben haben. Aber auch hierzu ist gewöhnlich keine lange Zeit erforderlich. Denn wenige Minuten, nachdem sich ein Insekt gefangen hat, gehen eigentümliche Veränderungen mit dem Blatt vor sich. Die hellroten Drüsenköpfchen werden dunkler und nehmen eine trübpurpurne Färbung an; gleichzeitig beginnen sich die Stielchen der Drüsenhaare zu krümmen, so daß die Köpfchen auf das Insekt zu sich neigen. Ein Haar nach dem anderen beugt sich auf das Insekt nieder und hilft dasselbe festhalten; die langen Randhaare drücken es durch ihre kräftige Bewegung allmählich nach der Mitte zu, und schließlich krümmt sich auch noch die Blattfläche nach innen, so daß das Insekt gänzlich eingehüllt ist. Dann wird statt des klebrigen Saftes eine scharfe die Eiweißkörper lösende Flüssigkeit ausgeschieden, die später mit den gelösten Eiweißstoffen wieder aufgesaugt wird. Je nach der Größe des Insekts geht nun die Verdauung rascher oder langsamer vor sich. Spätestens nach einigen Tagen streckt sich die Blattfläche wieder gerade, die Drüsenhaare richten sich allmählich wieder

Digitized by Google

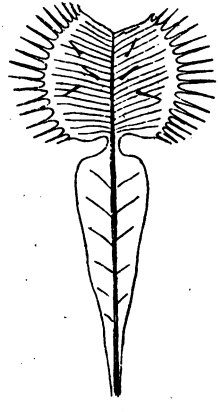
auf, und zwischen ihnen sieht man als einzige Überreste von dem Insekt Stücke des Chitinpanzers, während die ganzen Weichteile verschwunden, verzehrt sind. Diese Beobachtungen lassen sich sehr leicht anstellen, da sich der Sonnentau, wenigstens eine Zeit lang, recht gut kultivieren läßt; man muß nur darauf achten, daß er mit der ganzen Unterlage von Torfmoos ausgehoben und recht feucht gehalten wird. Je heißer die Sonne auf ihn brennt, desto wohler fühlt er sich und desto rascher und energischer werden die Reizbewegungen beim Insektenfang ausgelöst.

Eine andere, den Droseraceen angehörende Pflanze, die Aldrovanda vesiculosa, lebt, wie die Utricularien, im Wasser und betreibt den Fang von kleinen Wassertieren, hauptsächlich Flohkrebsen und Organismen von ähnlicher Größe. Die Blätter dieser zierlichen Pflanze sind quirlig gestellt und eigentümlich zu Fangapparaten umgebildet. Gewöhnlich erscheinen die Blättchen in Form von kleinen Schwimmblasen, von einem Kranz von Borsten umgeben; im warmen Wasser und im Sonnenschein öffnen sich dagegen diese blasenartigen Blättchen, und man sieht nun, daß sie aus zwei rundlichen Hälften bestehen, die von der Mittelrippe ausgehen und sich um diese, wie um ein Scharnier, bei Reizung drehen und mit ihren Rändern zusammenschlagen. Kommt ein Insekt an die Innenseite des Blattes, so klappen die beiden Blatthälften sofort zusammen und das Insekt ist in dem blasenartigen Hohlraum gefangen. Auch die Berührung mit einer Nadel genügt, um das Zusammenschlagen zu bewirken, die Blätter sind also in hohem Grade reizbar. Die gefangenen kleinen Wassertierchen gehen sehr langsam zu Grunde und werden ebenfalls nach und nach verdaut, so daß nur die festeren Teile übrig bleiben.

Eine ähnliche Einrichtung zeigt die berühmte Venusfliegenfalle (Dionaea muscipula), die in den Sümpfen des südlichen

Digitized by Google

Nordamerikas vorkommt (Fig. 46). Die Blätter derselben stehen in Rosetten, besitzen einen blattartig verbreiterten Stiel und eine von diesem abgesetzte, rundliche Spreite; sie sind denen von Aldrovanda ähnlich, aber viel größer, am Rande mit dichten, beim Zusammenklappen ineinandergreifenden Borsten besetzt. Auf ihrer Innenfläche stehen sechs Borsten, und zwar auf jeder Hälfte der Blattspreite drei. Diese Borsten sind außer-



Figur 46. Blatt von Dionaea muscipula.

ordentlich reizbar; sobald sie leicht berührt werden, schließt sich das Blatt augenblicklich in ähnlicher Weise, wie bei Aldrovanda. Auf dem grünen Blattgrunde der Innenseite stehen zahlreiche, zierliche, rote Drüsen, welche, sobald sich ein Insekt gefangen hat, einen scharfen Saft absondern, der die Verdauung der Insekten bewirkt. Sobald das Insekt verdaut ist, wird der Saft wieder aufgesogen und die Blätter öffnen sich.

Von unseren heimischen Pflanzen ist noch das Fettkraut (Pinguicula alpina in den Alpen, P. vulgaris auch in der Ebene) in Sümpfen und Mooren heimisch, als Insektenfänger zu er-

Digitized by Google

wähnen. Es ist ein kleines, mit Utricularia nahe verwandtes Pflänzchen, welches aber in der Art und Weise des Insektenfanges sich den Droseraceen anschließt. Die länglichen, ganzrandigen, etwas fleischigen Blätter sind auf der Oberseite mit zahlreichen Drüsen besetzt, die ebenfalls, wie bei Drosera, einen klebrigen Saft ausscheiden, wodurch auffliegende Insekten festgehalten werden. Sobald sich irgend ein kleines Tierchen an den Drüsen gefangen hat, rollen sich die Blätter vom Rande her ein, und es wird nun von den Drüsen ein saurer Saft ausgeschieden, der die weicheren Teile der Insekten verdaut. Ebenso wie bei Drosera werden auch kleine Eiweißstückchen verdaut.

Ganz anders betreiben die Angehörigen zweier ausländischer Familien, der Sarraceniaceen und Nepenthaceen, den Insektenfang. Besonders die in den Urwäldern der Tropen heimischen Arten der Gattung Nepenthes, Kannenpflanzen, besitzen höchst eigentümliche und in die Augen fallende Fangapparate. Ihre Blätter laufen am Ende in eine oft mehrere Centimeter lange, mit abstehendem Deckel versehene Kanne aus, an deren wulstigem Rand Honig oder eine süßschmeckende die Insekten anlockende Flüssigkeit abgeschieden wird. Dicht unter diesem Rande befindet sich aber eine infolge eines Wachsüberzuges glatte Wand, die dem Insektenfuß keinen Halt bietet, so daß darüber laufende Insekten ausgleiten und in den Krug stürzen, dessen untere Hälfte eine von Drüsen ausgeschiedene Flüssigkeit enthält. Die Drüsen scheinen aber auch noch Enzyme auszuscheiden, welche die Auflösung der in die Flüssigkeit gefallenen und ertrunkenen Insekten bewirken. Wahrscheinlich spielen hier, wie auch bei anderen insektenfangenden Pflanzen, Bakterien eine Rolle, indem sie sich an der Zersetzung der toten Insekten beteiligen, und vielleicht überhaupt erst den Körper derselben in für die Pflanze aufnehmbare Stoffe überführen. Übrigens scheinen nicht alle Nepenthes-Arten in gleicher Weise

Digitized by Google

für die Verdauung der gefangenen Insekten ausgerüstet zu sein; auch die Einrichtung der Kannen ist bei den einzelnen Arten sehr verschieden (Fig. 47).

Figur 47. Kannengewächse im botanischen Garten zu Karlsruhe.

Auch bei den Sarraceniaceen sind es schlauchförmig gebildete Blätter mit Flüssigkeit gefüllt, die dem Insektenfang dienen; sie sind einfacher gestaltet als die der Nepenthes-Arten, aber größer, und auch für den Fang noch wesentlich größerer Tiere geeignet. Ob aber die in der Flüssigkeit ertrunkenen und sich auflösenden Insekten bei den Sarracenien wirklich zur Ernährung der Pflanze beitragen, ist noch nicht ganz sicher.

IX. Kapitel.

Pflanzen und Ameisen.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen auf dem Gebiete des Pflanzenlebens gehören die eigentümlichen Beziehungen, welche sich zwischen gewissen Pflanzen und Ameisen entwickelt

Digitized by Google

haben. Freilich sind diese Erscheinungen hauptsächlich auf die Tropen besonders der Neuen Welt beschränkt, wo die Ameisen eine ganz andere Rolle spielen als bei uns; dort sind sie nicht nur die häufigsten, sondern auch die schädlichsten Insekten und namentlich die unter dem Namen der Blattschneiderameisen (Atta) bekannten Arten können in Gärten und Pflanzungen einen außerordentlichen Schaden anrichten.

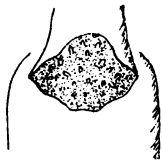
Diese Blattschneiderameisen haben es namentlich auf viele Kulturpflanzen abgesehen; sie schneiden mit ihren scharfen Zangen kleine Stücke aus den Blättern einer Pflanze aus und tragen sie in ihren Bau. Da aber Tausende von Ameisen ununterbrochen damit beschäftigt sind, Stücke von durchschnittlich der halben Größe eines silbernen 20-Pfennigstückes abzuschneiden, so kann auch eine größere Pflanze in wenig Stunden vollkommen entlaubt sein. Die Tätigkeit der Ameisen ruht aber nicht, und wenn sich in der Nähe einer Anpflanzung viele Ansiedlungen von Blattschneiderameisen befinden, so können manche Kulturen in wenig Tagen fast vollkommen vernichtet werden. So lassen sich in manchen Gegenden einzelne von diesen gefährlichen Insekten besonders heimgesuchte Pflanzen, wie z. B. Rosen, gar nicht züchten.

Diese Ameisen sind zwar im großen und ganzen nicht besonders wählerisch und durchaus nicht auf bestimmte Pflanzenarten angewiesen, indessen ziehen sie doch die einen den anderen vor, und manche, stark harzige, oder grobfaserige, oder giftige Pflanzen werden von ihnen sogar gar nicht angerührt. Andere Arten werden wieder mit besonderer Vorliebe von ihnen heimgesucht, wie die Arten der Gattung Cecropia, einer in Südamerika einheimischen Pflanze. Merkwürdig ist es nun, daß diese Pflanzen (besonders Cecropia adenopus) aus derselben Tierfamilie der Ameisen eine Schutztruppe erhalten hat, die sie gegen die räuberischen Angriffe der Blattschneider verteidigt Es ist eine Ameisenart (Azteca instabilis), die als besonders

Digitized by Google

kampflustig beschrieben wird und welche, wie es scheint, die von ihr bewohnte Pflanze hauptsächlich nur gegen die Blattschneider verteidigt.

Die Cecropia adenopus ist für den Aufenthalt von Ameisen auch sehr geeignet und scheint sich für ihre Verteidiger auch in mancher Hinsicht besonders eingerichtet zu haben. Sie liefert ihnen nicht nur besondere Unterkunftsräume, sondern auch die Nahrung, und diese letztere ist so eigentümlich, daß sie scheinbar geradezu für die Verteidiger bestimmt ist. Es bilden sich nämlich an der Basis der Blätter eigentümliche, sammtartige, braune Haarfilze, in denen kleine, kaum mohnkorngroße, ei-



Figur 48. Blattstielpolster von Cecropia adenopus mit Eiweißkörperchen. (Müllersche Körperchen.)

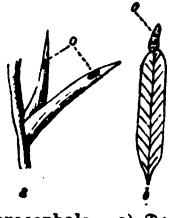
förmige, weiße Körperchen entstehen (Fig. 48). Diese sehr eiweißreichen Körperchen sitzen ganz locker und können von den Ameisen, deren Hauptnahrung sie bilden, leicht abgenommen werden. Sie bilden sich fortwährend von neuem und liefern also den Ameisen das ganze Jahr hindurch hinreichend Nahrung. Ähnliche Gebilde findet man bei einer ganzen Anzahl sehr verschiedenen Familien angehörigen Pflanzen; sie wurden zuerst von Fritz Müller aufgefunden und nach ihm Müllersche Körperchen genannt. Immer scheinen sie den Ameisen als Nahrung zu dienen und ihnen von den Pflanzen als Dank für die Verteidigung gegen Angriff von Räubern gespendet zu werden.

Die Wohnung, welche den schützenden Ameisen von der Cecropia geboten wird, besteht in größeren zellenförmigen

Digitized by Google

Hohlräumen, welche sich in der Mitte des Stammes befinden und mit der Außenwelt durch kleine, von den Ameisen selbst hergestellten Öffnungen in Verbindung stehen. In jeder Blattachsel läuft eine rinnenförmige Vertiefung am Internodium aufwärts, welche schließlich in eine kleine Grube ausmündet. Dieser Grube entspricht eine ähnliche Vertiefung auf der Innenseite, und das dünne Gewebe ist an dieser Stelle ohne Gefäßbündel und festere Gewebselemente. Hier können die Schutzameisen also ohne besondere Anstrengung sich durcharbeiten, um zu den zelligen Wohnräumen zu gelangen; die letzteren sind selbst wieder durch kleine, von den Ameisen hergestellte Öffnungen miteinander verbunden.

Pflanzen, die sich in dieser eigentümlichen Weise an das Zusammenleben mit Ameisen angepaßt haben, bezeichnet man mit dem gemeinsamen Namen der Ameisenpflanzen oder als myrmekophil. Der Grad der Anpassung ist nun allerdings



Figur 49. Acacia sphaerocephala. a) Dornen mit Öffnungen o für Ameisen; b) Fiederblättchen mit einem eiweißreichen Körperchen o am Ende.

ein sehr verschiedener, und es ist auch noch in sehr vielen Fällen recht zweifelhaft, ob die Einrichtungen, welche für die Ameisen oft so zweckmäßig erscheinen, wirklich Anpassungen der Pflanzen an das Zusammenleben mit Ameisen sind, oder ob die Ameisen nur von zufällig vorhandenen, ihnen besonders zusagenden Eigentümlichkeiten im Bau der Pflanzen Besitz ergriffen und sich danach eingerichtet haben, wie auch überhaupt

Digitized by Google

für manche Angaben über die hier behandelten Verhältnisse eine weitere Bestätigung noch notwendig ist. Ähnlich wie die Cecropia adenopus bieten auch manche Akazien (besonders Acacia cornigera und sphaerocephala (Fig. 49) den Schutzameisen Nahrung und Wohnung. Die Nahrung besteht in ähnlichen eiweißreichen, weißen Körnchen, welche am Ende der feinen Blättchen sitzen; die Wohnung wird von den Ameisen in den großen, hohlen Dornen aufgeschlagen, indem sie unterhalb der Spitze ein Loch in die dünne Wandung beißen und sich in dem Hohlraum niederlassen. Außerdem wird den Schutzameisen noch eine süße Flüssigkeit von der Pflanze geliefert, welche an den Blattstielen in besonderen Nektarien abgeschieden wird.

Andere Ameisenpflanzen liefern den Schutzameisen in ihren hohlen Stengeln nur die Wohnung und eine süße Flüssigkeit, welche durch besondere Nektarien abgesondert wird. Die Bildung von Nektarien außerhalb der Blüten scheint hauptsächlich auf die Anlockung von Ameisen berechnet zu sein, denn man findet sie gerade bei Ameisenpflanzen sehr verbreitet. In manchen Fällen scheinen die Ameisen nur als Schutz der Blüten zu fungieren, um ein Abbeißen oder Zerfressen derselben durch schädliche Insekten zu verhindern. In diesen Fällen befinden sich die Wohnräume, welche die Pflanze den Ameisen bietet, auch gewöhnlich dicht unter den zu schützenden Blüten.

In anderen Fällen besitzen Pflanzen zwar keine für die Schutzameisen geeigneten Unterkunftsräume, liefern dagegen ihren Verteidigern süße Säfte. Die Ameisen, welche diese Pflanzen besuchen, verteidigen sie ebenfalls hauptsächlich gegen die Blattschneider. Die Zahl der Pflanzen, bei denen sich mehr oder weniger stark ausgeprägte Myrmekophilie findet, ist bereits eine recht beträchtliche und die Form der Myrmekophilie eine recht verschiedenartige. Hier konnten nur einige der interessantesten Fälle herausgegriffen werden.

Digitized by Google

Bei uns finden wir gar nicht selten, daß hohle Bäume, namentlich Obstbäume, von Ameisen in Besitz genommen werden. Sie nützen denselben insofern, als sie den Baum von Raupen und vielen anderen schädlichen Insekten frei halten, richten jedoch dadurch, daß sie alle möglichen Gänge und Löcher in dem Holze bohren, auch einen gewissen Schaden an. Irgend welche Anpassungen zwischen Pflanzen und Ameisen sind bei uns nicht bekannt.

Die merkwürdigsten Beziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen finden sich bei den schon besprochenen Blattschneiderameisen, welche systematisch in ihren Bauen Pilze züchten, um sie als Nahrung zu verwenden. Wie weit diese Symbiose zwischen Pilz und Ameise geht, läßt sich daraus entnehmen, daß die Ameisen, wie es scheint, ausschließlich auf diese Pilznahrung angewiesen sind und verhungern, wenn ihnen die Pilzkost entzogen wird. Andererseits hat man diesen Ameisenpilz noch nirgends anders als in den Bauten dieser Ameisen gefunden.

Die Blattschneider bringen die von ihnen ausgeschnittenen Blattstücke in ihre Bauten, zerkleinern sie daselbst und kneten sie zu einem eigenartigen weichen Teig, aus dem sie eine

Figur 50. Kohlrabihäufchen von Rozites gongylophora.

löcherige, schwammige Masse, den Pilzgarten, in ihrem Bau herstellen. Diese weiche Blattmasse wird bald von den Hyphen eines Pilzes (Rozites gongylophora Möll.) durchwuchert, welcher eigentümliche, in kleinen Häufchen (Kohlrabihäufchen) auftretende, an den Enden kolbig oder kugelig angeschwollene Äste entwickelt (Fig. 50). Diese Kohlrabihäufchen sind, wie es scheint

die einzige Nahrung der Ameisen; sie enthalten in ihren Zellen ein eiweißreiches Plasma. Sie scheinen nur unter der Kultur der Ameisen zu entstehen und zwar dadurch, daß alle Lufthyphen von den Ameisen sorgfältig entfernt werden. Sobald aus irgend einem Grunde diese Tätigkeit der Ameisen unterbrochen wird, hört die Bildung der Kohlrabihäufchen auf, und der Pilz entwickelt ein reichliches Luftmycel. Die Kohlrabihäufchen mit ihren eiweißreichen Anschwellungen sind also ein durch die Ameisen absichtlich herbeigeführtes Kulturprodukt.

Auch einige andere als Haar- und Höckerameisen bekannte Arten (Apterostygma und Cyphomyrmex) legen sich Pilzgärten an, züchten jedoch andere Pilze und wählen ein anderes Substrat, Holzmehl und Exkremente von Insektenlarven. Auch hier bildet der Pilz Kohlrabihäufchen, die jedoch lange nicht die hohe Entwicklung erreichen wie diejenigen in den Pilzgärten der Blattschneiderameisen.

Digitized by Google

Register.

A.

Aasgeruch 46.
Ableger 22.
Acacia cornigera 114.
„ sphaerocephala 114.
AchorionSchönleinii 84.
Actinomyces 84.
Agrostema Githago 27.
Ahorn 61.
Ajuga reptans 35.
Alchemilla vulgaris 30.
Aldrovanda vesiculosa 108.
Alsine verna 67.
Alyssum calycinum 28.
Ameisenpflanzen 113.
Apple blight 82.
Armeria vulgaris 67.
Ampelopsis quinquefolia 45.
Anabaena Azollae 97.
„ Cycadearum 97.
Anagallis caerulea 66.
Anastatica Hierochuntica 59.
Anemophilen 39.
Anpassung 63.
Antheren 20.
Antheridien 10.
Antirrhinum 48.
Archegonien 10.
Aristolochia clematitis 42.
Arnika 76.
Aspergillus 87.
„ niger 83.
Atragene alpina 44.
Autotrygie 38.
Autogamie 26.

B.

Bacillus coli 81.
„ amylovorus 82.
Bakterien 79.
Bakterolden 100.
Balsaminen 26.
Bartschia 88.
Baumwolle 61.
Bidens 63.
Bilsenkraut 31.
Blastophaga glossorum 51.
Blattschneiderameisen 111.
Blütenduft 45.
bodenstet 66.
bodenvag 66.
Botrytis Bassiana 83.
Brennhaare 76.
Brennessel 33, 76.
Bryonia 63.

C.

Caprificus 51.
Capsella bursa pastoris 87.
Carlina acaulis 45.
Cassia 38.
Catinga 70.
Cecropia adenopus 114.
Ceratophyllum 41.
Chemische Beschaffenheit des Bodens 66.
Chrysanthemum Leucanthemum 44.
Chrysosplenium 53.
Citrullus Colocynthis 71.
Colurolejeunia 101.
Corallorrhiza innata 87.
Cordiceps 83.
Corylus 34.
Cuscuta 89.
„ Epilinum 91.
„ Epithymum var. Trifolii 90.
„ major 91.
Cystopus candidus 86.

D.

Dachwurz 72.
Dionaea muscipula 108.
Dipsacus 48.
Doldenpflanzen 29.
Drosera 105.
Dryas octopetala 32.

E.

Eberwurz 45.
Ecballium elaterium 55.
Eizelle der Phanerogamen 19.
Embryo 20.
Embryosack 17, 18.
Empusa Muscae 83.
Enantiostylie 38.
Epimedium alpinum 30.
Equisetum arvense 59.
Erodium 57.
Erythraea Centaureum 76.
Esche 37.
Euphorbia 79.
„ Cyparissias 75.
„ grandicornis 70.
Euphrasia 88.

F.

Farbe der Blüten 43.
Favus 84.
Feige 51.

Digitized by Google

Fetthenne 72.
Ficus Carica 51.
Flechten 95.
Fortpflanzung bei Algen 9.
Fortpflanzung bei Angiospermen 19.
Fortpflanzung bei Farnen 14.
Fortpflanzung bei Gymnospermen 17.
Fortpflanzung bei Moosen 12.
Fortpflanzung bei Pilzen 11.
Frauenmantel 30.

G.

Galanthus nivalis 27.
Gagea lutea 44.
Galmeipflanzen 67.
Gegenfüßlerinnen 19.
Gehilfinnen 19.
Geißblatt 45.
Geranium 56.
„ palustre 56.
„ pusillum 27.
Getreideroſt 84.
Geum coccineum 82.
Goldmilzkraut 53.
Gossypium herbaceum 61.
Gymnosporangium Sabinae 85.

H.

Haſelnuß 84.
Hauhechel 75.
Hauſtorien 88.
Helleborus foetidus 34.
Herkogamie 35.
Herpes 84.
Heteroſtylie 36.
Hydra viridis 98.
Hydrophile Pflanzen 45.
Hydrophyten 72.
Hydropteriden 16.
Hygroſkopiſche Krümmungen 59.
Hyoscyamus 31.

I.

Impatiens 26.
„ Nolitangere 58.
„ parviflora 58.
Inſektenblütler 41.
Inſektenfreſſende Pflanzen 100.
Integumente 19.
Juglans 34.
Juniperus Sabina 85.

K.

Kakteen 72.
Kalkoxalat 76.
Kalkpflanzen 66.
Karrooformation 72.
Kleeſeide 90.
Kleiſtogam 26.
Klette 62.
Knoſpenkern 19.
Kohlrabihäuſchen 115.
Koloquinte 71.
Kopulation 10.
Kraſſulaceen 71.
Kreuzung 23.

L.

Lactuca scariola 78.
Lamium album 86.
Lamium amplexicaule 25.
Lamium amplexicaule var. clandestinum 25.
Lappa 62.
Laserpitium 61.
Lichtwirkung 73.
Limosella aquatica 32.
Lithospermum arvense 27.
Loranthus europaeus 89.
Löwenmaul 47.
Löwenzahn 60.
Lythrum salicaria 36.

M.

Makroſporen 16.
Mamillaria gracilis 27.
Melampyrum 43, 89.
Metabioſe 95.
Mikroſporen 16.
Milzbrand 79.
Mimikry 77.
Mirabilis Jalapa 30.
Miſtel 62, 89.
Monilia fructigena 87.
Mucor 87.
Mykorrhizen 99.
Myrmekophilie 114.

N.

Nachtkerze 30.
Narben 19.
Neottia nidus avis 87.
Nepenthes 109.
Nießwurz 34.
Nostoc Gunnerae 97.
Nucellus 19.

O.

Oidium albicans 84.
Ononis spinosa 75.
Oenothera biennis 30.
Oogonien 10.
Ornithogalum 44.
Orobanche ramosa 91.
Oxalis acetosella 26, 27 56.

P.

Paraſiten 77.
Paris quadrifolia 44.
Pedicularis 88.
Penicillium 87.
Pear blight 82.
Pflanzengifte 76.
Pflanzenkrankheiten 82.
Pilzgarten 116.
Pinguicula alpina 108.
Plantago cretica 58.
Pleurozia 101.
Pollen 18.
Pollenſäcke 20.
Primeln 36.
Pronuba Yuccasella 52.
proterandriſch 34.
proterogyn 34.
Prothallien 15.
Protonema 14.
Puccinia graminis 84.
Pulsatilla vulgaris 44.

R.

Rafflesia Arnoldi 93.
Rauſchbrandbazillus 80.
Rhaphiden 76.
Rhinantheen 88.
Rhinanthus 88.
Roſe von Jericho 59.

Digitized by Google

S.

Salsola Kali 67.
„ Soda 67.
Salvia glutinosa 50.
„ officinalis 76.
Salvinia natans 16.
Salzpflanzen 67.
Saprophyten 77.
Sarraceniaceen 109.
Sauerklee 26, 56.
Schachtelhalm 59.
Schistostega osmundacea 74.
Schleuderfrüchte 55.
Schneckenblüten 53.
Schotenweiderich 36.
Schutzeinrichtungen 63.
Scolopendrium vulgare 16.
Sedum 72.
Selaginella 16.
„ lepidophylla 68.
Selbstbefruchtung 23.
Selbststerilität 38.
Sempervivum 72.
Senecio viscosus 31.
Silene nutans 46.
Sockenblume 30.
Soor 84.
Sperlingsblume 31.
Spermatozoiden 11.
Spirochaete Obermeieri 80.
Sporangien 16.
Spritzgurke 55.
Stecklinge 22.
Steinsamen 27.
Steppenhexen 59.
Steppenpflanzen 58.
Storchschnabel 27.
Succulenten 71.
Symbiose 93.
Synergiden 19.

T.

Taraxacum officinale 60
Taubnessel 25.
Tausendgüldenkraut 76.
Tetanusbazillus 80.
Teufelszwirn 89.
Thesium 88.
Thlaspi alpestre var. calaminarium 67.
Thymelaea passerina 71.
Thymus serpyllum 76.
Tierfraß 75.
Tiere, Verbreitung durch 61.
Trichophyton tonsurans 84.
Tuberkulosebakterien 80.

U.

Ulme 61.
Umbelliferen 29.
Urtica dioica 33.
Utricularia 101.

V.

Valisneria spiralis 41.
Vegetative Vermehrung 22.
Veilchen 26.
Viola 26.
Viola lutea var. calaminaria 67.
Viscum album 62, 89.
Vogelblüten 53.

W.

Wachtelweizen 43.
Walnuß 34.
Wasserspeicherung 71.
Wilder Wein 45.
Windblütler 89.
Wind, Verbreitung durch 60.
Windhexen 59.
Wolfsmilch 75.
Wucherblume 74.
Wunderblume 30.
Wurzelknöllchen der Leguminosen 99.

X.

Xerophyten 72.

Y.

Yucca 52.

Z.

Zaunrübe 68.
Zostera marina 41.
Zweizahn 62.

Digitized by Google

Kleine botanische Bibliothek

aus der „Sammlung Göschen".

Jedes Bändchen gebunden 80 Pfg.

Das Pflanzenreich. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Figuren. Nr. 122.

Die Pflanze, ihr Bau und ihr Leben, von Oberlehrer Dr. E. Dennert. Mit 141 Abbildungen. Nr. 44.

Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 127.

Nutzpflanzen von Professor Dr. J. Behrens, Vorst. der Großh. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Die Pflanzenwelt der Gewässer von Dr. W. Migula, Prof. an d. Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wild wachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. I. Teil: Pteridophyten, Coniferen und Monocotyledonen. Mit 50 Abbildungen. Nr. 268.

Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wild wachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. II. Teil: Dicotyledonen. Mit 50 Abbildungen. Nr. 269.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Verzeichnis der erschienenen Bände.

Ackerbau- u. Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Rippert in Berlin u. Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 232.

Agrikulturchemische Kontrollwesen, Das, von Dr. Paul Krische in Göttingen. Nr. 304.

Akustik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik u. Akustik. Von Dr. Gust. Jäger, Prof. an der Univers. Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

— **Musikalische,** v. Dr. Karl L. Schäfer, Dozent an der Univers. Berlin. Mit 35 Abbild. Nr. 21.

Algebra. Arithmetik u. Algebra v. Dr. H. Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

Alpen, Die, von Dr. Rob. Sieger, Prof. an der Universität und an der Exportakademie des k. k. Handelsmuseums in Wien. Mit 19 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 129.

Altertümer, Die deutschen, v. Dr. Franz Fuhse, Direktor d. städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abb. Nr. 124.

Altertumskunde, Griechische, von Prof. Dr. Rich. Maisch, neubearb. von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.

— **Römische,** von Dr. Leo Bloch in Wien. Mit 8 Vollb. Nr. 45.

Analyse, Techn.-Chem., von Dr. G. Lunge, Prof. a. d. Eidgen. Polytechn. Schule i. Zürich. Mit 16 Abb. Nr. 195.

Analysis, Höhere, I: Differentialrechnung. Von Dr. Frdr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 68 Fig. Nr. 87.

— — — Repetitorium und Aufgabensammlung z. Differentialrechnung v. Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 46 Fig. Nr. 146.

— — II: Integralrechnung. Von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 89 Fig. Nr. 88.

Analysis, Höhere, Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 50 Fig. Nr. 147.

— **Niedere,** von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Mit 5 Fig. Nr. 53.

Arbeiterfrage, Die gewerbliche, von Werner Sombart, Prof. an der Univ. Breslau. Nr. 209.

Arbeiterversicherung, Die, von Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.

Arithmetik und Algebra von Dr. Herm. Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

— — Beispielsammlung zur Arithmetik u. Algebra v. Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.

Ästhetik, Allgemeine, von Prof. Dr. Max Diez, Lehrer an d. Kgl. Akademie der bildenden Künste in Stuttgart. Nr. 300.

Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearb. v. Dr. W. F. Wislicenus, Prof. a. d. Univers. Straßburg. Mit 36 Abb. u. 1 Sternk. Nr. 11.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Dr. Walter F. Wislicenus, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 11 Abbild. Nr. 91.

Aufgabensammlg. z. Analyt. Geometrie d. Ebene v. O. Th. Bürklen, Prof. am Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 32 Figuren. Nr. 276.

— — **d. Raumes** von O. Th. Bürklen, Prof. am Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 8 Fig. Nr. 309.

— **Physikalische,** v. G. Mahler, Prof. der Mathem. u. Physik am Gymnas. in Ulm. Mit d. Resultaten. Nr. 243.

Aufsatzentwürfe von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnasiums in Stuttgart. Nr. 15.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate von Wilh. Weitbrecht, Prof. der Geodäsie in Stuttgart. Mit 15 Figuren und 2 Tafeln. Nr 302.

Baukunst, Die, des Abendlandes von Dr. K. Schäfer, Assistent am Gewerbemuseum in Bremen. Mit 22 Abbild. Nr. 74.

Betriebskraft, Die zweckmäßigste, von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. 1. Teil: Die mit Dampf betriebenen Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 14 Abbild. Nr. 224.

— — 2. Teil: Verschiedene Motoren nebst 22 Tabellen über ihre Anschaffungs- und Betriebskosten. Mit 29 Abbild. Nr. 225.

Bewegungsspiele von Dr. E. Kohlrausch, Prof. am Kgl. Kaiser Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbild. Nr. 96.

Biologie der Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

Biologie der Tiere I: Entstehung u. Weiterbild. d. Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur v. Dr. Heinr. Simroth, Prof. an der Universität Leipzig. Mit 33 Abbild. Nr. 131.

— II: Beziehungen der Tiere z. organ. Natur von Dr. Heinr. Simroth, Prof. an der Univers. Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 132.

Bleicherei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Wilhelm Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule f. Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Brauereiwesen I: Mälzerei von Dr. Paul Dreverhoff, Direktor d. Brauer- u. Mälzerschule zu Grimma. Mit 16 Abbild. Nr. 303.

Buchführung in einfachen und doppelten Posten von Rob. Stern, Oberlehrer der Öffentl. Handelslehranst. u. Doz. d. Handelshochschule z. Leipzig. Mit vielen Formularen. Nr. 115.

Buddha von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.

Burgenkunde, Abriß der, von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbild. Nr. 119.

Chemie, Allgemeine und physikalische, von Dr. Max Rudolphi, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Fig. Nr. 71.

— **Analytische,** von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.

— — II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.

— **Anorganische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.

— — siehe auch: Metalle. — Metalloide.

Chemie, Geschichte der, von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.

— II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.

— **der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191. 192.

— — III: Karbocyklische Verbindungen. Nr. 193.

— — IV: Heterocyklische Verbindungen. Nr. 194.

— **Organische,** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.

— **Physiologische,** von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.

— — II: Dissimilation. Mit einer Tafel. Nr. 241.

Chemisch-Technische Analyse von Dr. G. Lunge, Prof. an der Eidgenöss. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbild. Nr. 195.

Dampfkessel, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. d. praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 67 Fig. Nr. 9.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Dampfmaschine, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch m. Beispielen für das Selbststudium und den prakt. Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 48 Fig. Nr. 8.

Dampfturbinen, Die, ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ingenieur Hermann Wilda in Bremen. Mit 89 Abbild. Nr. 274.

Dichtungen a. mittelhochdeutscher Frühzeit. In Auswahl m. Einltg. u. Wörterb. herausgegeb. v. Dr. Herm. Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.

Dietrichepen. Kudrun u. Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Prof. an der Univers. Münster. Nr. 10.

Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Prof. a. Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 68 Fig. Nr. 87.

— Repetitorium u. Aufgabensammlung z. Differentialrechnung von Dr. Frdr. Junker, Prof. am Karlsgymnasium in Stuttgart. Mit 46 Fig. Nr. 146.

Eddalieder mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilhelm Ranisch, Gymnasial-Oberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.

Eisenhüttenkunde von A. Krauß, dipl. Hüttening. I. Teil: Das Roheisen. Mit 17 Fig. u. 4 Tafeln. Nr. 152.

— II. Teil: Das Schmiedeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.

Elektrizität. Theoret. Physik III. Teil: Elektrizität u. Magnetismus. Von Dr. Gust. Jäger, Prof. a. d. Univers. Wien. Mit 33 Abbildgn. Nr. 78.

Elektrochemie von Dr. Heinr. Danneel, Privatdozent in Breslau. I. Teil: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Fig. Nr. 252.

Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor der Elektrotechnik an der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 47 Fig. Nr. 196.

Elektrotechnik II: Die Gleichstromtechnik. Mit 74 Fig. Nr. 197.

— **III:** Die Wechselstromtechnik. Mit 109 Fig. Nr. 198.

Epigonen, Die, des höfischen Epos. Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Aktuarius der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.

Erdmagnetismus, Erdstrom, Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr., Mitglied des Königl. Preußischen Meteorologischen Instituts zu Potsdam. Mit 14 Abbild. und 3 Taf. Nr. 175.

Ethik von Professor Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.

Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. 1. Teil. Mit 50 Abbild. Nr. 268.

— — 2. Teil. Mit 50 Abbild. Nr. 269.

Familienrecht. Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Titze, Prof. a. d. Univ. Göttingen. Nr. 305.

Färberei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei u. ihre Hilfsstoffe v. Dr. Wilh. Massot, Lehrer a. d. Preuß. höh. Fachschule f. Textilindustrie i. Krefeld. M. 28 Fig. Nr. 186.

Feldgeschütz, Das moderne, I: Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschließlich der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1850 bis 1890, von Oberstleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 1 Abbild. Nr. 306.

— — II: Die Entwicklung des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart, von Oberstleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 11 Abbild. Nr. 307.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

In elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Fernsprechwesen, Das, von Dr. Ludwig Kellstab in Berlin. Mit 47 Fig. und 1 Tafel. Nr. 155.

Festigkeitslehre von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 56 Fig. Nr. 288.

Filzfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Finanzwissenschaft v. Präsident Dr. R. van der Borght in Berlin. Nr. 148.

Fischerei und Fischzucht v. Dr. Karl Eckstein, Prof. an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.

Formelsammlung, Mathemat., u. Repetitorium d. Mathematik, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze d. Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen u. sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie d. Ebene u. d. Raumes, d. Different.- u. Integralrechn. v. O. Th. Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymn. in Schw.-Gmünd. Mit 18 Fig. Nr. 51.

— **Physikalische,** von G. Mahler, Prof. a. Gymn. in Ulm. Mit 65 Fig. Nr. 136.

Forstwissenschaft von Dr. Ad. Schwappach, Professor an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.

Fremdwort, Das, im Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.

Fremdwörterbuch, Deutsches, von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.

Gardinenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Geodäsie von Dr. C. Reinhertz, Prof. an der Techn. Hochschule Hannover. Mit 66 Abbild. Nr. 102.

Geographie, Astronomische, von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Mit 52 Abbild. Nr. 92.

— **Physische,** von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Königl. Techn. Hochschule in München. Mit 32 Abbild. Nr. 26.

— s. auch: Landeskunde. — Länderkunde.

Geologie von Prof. Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbild. und 4 Taf. mit über 50 Fig. Nr 13.

Geometrie, Analytische, der Ebene von Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 57 Fig. Nr. 65.

— — **Aufgabensammlung zur Analytischen Geometrie der Ebene** von O. Th. Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 32 Fig. Nr. 256.

— **Analytische, des Raumes** von Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 28 Abbild. Nr. 89.

— — **Aufgabensammlung z. Analyt. Geometrie d. Raumes** von O. Th. Bürklen, Prof. a. Realgymn. i. Schwäb.-Gmünd. M. 8 Fig. Nr. 309.

— **Darstellende,** von Dr. Robert Haußner, Prof. an der Univ. Jena. I. Mit 110 Fig. Nr. 142.

— **Ebene,** von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Mit 111 zweifarb. Fig. Nr. 41.

— **Projektive,** in synthet. Behandlung von Dr. Karl Doehlemann, Prof. an der Universität München. Mit 91 Fig. Nr. 72.

Geschichte, Badische, von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim und Privatdozent der Geschichte an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.

— **Bayerische,** von Dr. Hans Ockel in Augsburg. Nr. 160.

— **des Byzantinischen Reiches** von Dr. K. Roth in Kempten. Nr. 190.

— **Deutsche, I: Mittelalter (bis** 1519) von Dr. F. Kurze, Prof. am Kgl. Luisengymn. in Berlin. Nr. 33.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Geschichte, Deutsche II: Zeitalter der Reformation und der Religionskriege (1500—1648) von Dr. F. Kurze, Professor am Königl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 34.

— — **III: Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs** (1648—1806) von Dr. F. Kurze, Prof. am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 35.

— — siehe auch: Quellenkunde.

— **Französische**, von Dr. R. Sternfeld, Prof. a. d. Univers. Berlin. Nr. 85.

— **Griechische**, von Dr. Heinrich Swoboda, Prof. an der deutschen Univers. Prag. Nr. 49.

— **des 19. Jahrhunderts** v. Oskar Jäger, o. Honorarprofessor an der Univers. Bonn. 1. Bdchn.: 1800—1852. Nr. 216.

— — 2. Bdchn.: 1853 bis Ende d. Jahrh. Nr. 217.

— **Israels** bis auf die griech. Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.

— **Lothringens**, von Dr. Herm. Derichsweiler, Geh. Regierungsrat in Straßburg. Nr. 6.

— **des alten Morgenlandes** von Dr. Fr. Hommel, Prof. a. d. Univers. München. M. 6 Bild. u. 1 Kart. Nr. 43.

— **Oesterreichische, I**: Von der Urzeit bis zum Tode König Albrechts II. (1439) von Prof. Dr. Franz von Krones, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Univ. Graz. Mit 11 Stammtaf. Nr. 104.

— — **II**: Von 1526 bis zur Gegenwart von Hofrat Dr. Franz von Krones, Prof. a. d. Univers. Graz. Nr. 105.

— **Römische**, von Realgymnasial-Dir. Dr. Jul. Koch in Grunewald. Nr. 19.

— **Russische**, v. Dr. Wilh. Reeb, Oberl. am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.

— **Sächsische**, von Professor Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.

— **Schweizerische**, von Dr. K. Dändliker, Prof. a. d. Univ. Zürich. Nr. 188.

— **Spanische**, von Dr. Gustav Diercks. Nr. 266.

— **der Chemie** siehe: Chemie.

Geschichte der Malerei siehe: Malerei.

— **der Mathematik** s.: Mathematik.

— **der Musik** siehe: Musik.

— **der Pädagogik** siehe: Pädagogik.

— **der Physik** siehe: Physik.

— **des deutschen Romans** s.: Roman.

— **der deutschen Sprache** siehe: Grammatik, Deutsche.

— **des deutschen Unterrichtswesens** siehe: Unterrichtswesen.

Geschichtswissenschaft, Einleitung in die, von Dr. Ernst Bernheim, Prof. an der Univers. Greifswald. Nr. 270.

Gesetzbuch, Bürgerliches. Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches, viertes Buch: Familienrecht, von Dr. Heinr. Titze, Prof. an d. Univers. Göttingen. Nr. 305.

Gesundheitslehre. Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Taf. Nr. 18.

Gewerbewesen von Werner Sombart, Prof. an d. Univers. Breslau. I. II. Nr. 203. 204.

Gewichtswesen. Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Prof. an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Gleichstrommaschine, Die, von C. Kinzbrunner, Ingenieur und Dozent für Elektrotechnik an der Municipal School of Technology in Manchester. Mit 78 Fig. Nr. 257.

Gletscherkunde von Dr. Fritz Machaček in Wien. Mit 5 Abbild. im Text und 11 Taf. Nr. 154.

Gottfried von Straßburg. Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach u. Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höf. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Grammatik, Deutsche, und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schulrat Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.

— **Griechische.** I: Formenlehre von Dr. Hans Meltzer, Prof. an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 117.

— — II: Bedeutungslehre und Syntax von Dr. Hans Meltzer, Prof. an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 118.

— **Lateinische.** Grundriß der lateinischen Sprachlehre von Prof. Dr. W. Votsch in Magdeburg. Nr. 82.

— **Mittelhochdeutsche.** Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Prof. an der Univers. Rostock. Nr. 1.

— **Russische,** von Dr. Erich Berneker, Prof. an der Univers. Prag. Nr. 66.

— — siehe auch: Russisches Gesprächsbuch. — Lesebuch.

Handelskorrespondenz, Deutsche, von Prof. Th. de Beaux, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 182.

— **Englische,** von E. E. Whitfield, M. A., Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in King's Lynn. Nr. 237.

— **Französ.** von Prof. Th. de Beaux, Officier de l'Instruction Publique. Nr. 183.

— **Italienische,** von Prof. Alberto de Beaux, Oberlehrer am Kgl. Institut S. S. Annunziata in Florenz. Nr. 219.

— **Spanische,** von Dr. Alfredo Nadal de Mariezcurrena. Nr. 295.

Handelspolitik, Auswärtige, von Dr. Heinr. Sieveking, Prof. an der Univers. Marburg. Nr. 215.

Handelswesen, Das, von Dr. Wilh. Lexis, Prof. a. d. Univers. Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.

— — II: Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.

Harmonielehre von A. Halm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.

Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Königlichen Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Hauptliteraturen, Die, d. Orients v. Dr. M. Haberlandt, Privatdoz. a. d. Univers. Wien. I. II. Nr. 162. 163.

Heldensage, Die deutsche, von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Prof. an der Univers. Münster. Nr. 32.

— siehe auch: Mythologie.

Industrie, Anorganische Chemische, v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. I: Die Leblancsodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Taf. Nr. 205.

— — II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Taf. Nr. 206.

— — III: Anorganische Chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.

— **der Silikate, der künstl. Bausteine und des Mörtels.** I: Glas- und keramische Industrie von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. Mit 12 Taf. Nr. 233.

— — II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Taf. Nr. 234.

Integralrechnung von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karlsgymn. in Stuttgart. Mit 89 Fig. Nr. 88.

Integralrechnung. Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedrich Junker, Prof. am Karlsgymn. in Stuttgart. Mit 50 Fig. Nr. 147.

Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo und F. Sauter, Prof. am Realgymn. in Ulm, neu bearb. von Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. Mit 70 Abbild. Nr. 30.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Kirchenlied. Martin Luther, Thom. Murner, und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Klimakunde I: Allgemeine Klimalehre von Prof. Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Taf. und 2 Fig. Nr. 114.

Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Prof. der Geschichte an der Univers. Berlin. Nr. 156.

Kompositionslehre. Musikalische Formenlehre von Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.

Kontrollwesen, Das agrikulturchemische, von Dr. Paul Krische in Göttingen. Nr. 304.

Körper, der menschliche, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbild. und 1 Taf. Nr. 18.

Kristallographie von Dr. W. Bruhns, Prof. an der Univers. Straßburg. Mit 190 Abbild. Nr. 210.

Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Prof. an der Univers. Münster. Nr. 10.

— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Kultur, Die, der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Privatdozent an der Univers. Wien. Nr. 189.

Kulturgeschichte, Deutsche, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Künste, Die graphischen, von Carl Kampmann, Fachlehrer a. d. k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbild. und Beilagen. Nr. 75.

Kurzschrift siehe: Stenographie.

Länderkunde von Europa von Dr. Franz Heiderich, Prof. am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

— **der außereuropäischen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Prof. a. Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 11 Textkärtchen u. Profil. Nr. 63.

Landeskunde von Baden von Prof. Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. M. Profil, Abbild. und 1 Karte. Nr. 199.

— **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Götz, Prof. an der Kgl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abbild. u. 1 Karte. Nr. 176.

— **von Britisch-Nordamerika** von Prof. Dr. A. Oppel in Bremen. Mit 13 Abbild. und 1 Karte. Nr. 284.

— **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildgn. u. 1 Karte. Nr. 215.

— **der Iberischen Halbinsel** von Dr. Fritz Regel, Prof. an der Univers. Würzburg. Mit 8 Kärtchen und 8 Abbild. im Text und 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.

— **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Professor an der Univers. Berlin. Mit 10 Textillustration. und 1 Karte. Nr. 244.

— **des Königreichs Sachsen** v. Dr. J. Jemmrich, Oberlehrer am Realgymnas. in Plauen. Mit 12 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 258.

— **von Skandinavien** (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Heinrich Kerp, Lehrer am Gymnasium und Lehrer der Erdkunde am Comenius-Seminar zu Bonn. Mit 11 Abbild. und 1 Karte. Nr. 202.

— **des Königreichs Württemberg** von Dr. Kurt Hassert, Prof. der Geographie an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern u. 1 Karte. Nr. 157.

Landwirtschaftliche Betriebslehre von Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 227.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert. Kulturhistorische Erläuterungen zum Nibelungenlied und zur Kudrun. Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. Mit 1 Taf. und 30 Abbild. Nr. 93.

Lessings Emilia Galotti. Mit Einleitung und Anmerkungen von Prof. Dr. W. Votsch. Nr. 2.

— **Minna v. Barnhelm.** Mit Anm. von Dr. Tomaschek. Nr. 5.

Licht. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gust. Jäger, Prof. an der Univers. Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

Literatur, Althochdeutsche, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schauffler, Prof. am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.

Literaturdenkmäler des 14. u. 15. Jahrhunderts. Ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.

— **des 16. Jahrhunderts I: Martin Luther, Thom. Murner u. das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts.** Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

— — **II: Hans Sachs.** Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Jul. Sahr. Nr. 24.

— — **III: Von Brant bis Rollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Tierepos und Fabel.** Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 36.

Literaturen, Die, des Orients. I. Teil: Die Literaturen Ostasiens und Indiens v. Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Univers. Wien. Nr. 162.

— II. Teil: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken, von Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Univers. Wien. Nr. 163.

Literaturgeschichte, Deutsche, von Dr. Max Koch, Professor an der Univers. Breslau. Nr. 31.

— **Deutsche, der Klassikerzeit** von Carl Weitbrecht, Prof. an der Techn. Hochschule Stuttgart. Nr. 161.

— **Deutsche, des 19. Jahrhunderts** von Carl Weitbrecht, Prof. an der Techn. Hochschule Stuttgart. I. II. Nr. 134. 135.

— **Englische,** von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.

— — Grundzüge und Haupttypen der englischen Literaturgeschichte von Dr. Arnold M. M. Schröer, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286. 287.

— **Griechische,** mit Berücksichtigung der Geschichte der Wissenschaften von Dr. Alfred Gercke, Prof. an der Univers. Greifswald. Nr. 70.

— **Italienische,** von Dr. Karl Voßler, Prof. an der Univers. Heidelberg. Nr. 125.

— **Nordische,** I. Teil: Die isländische und norwegische Literatur des Mittelalters von Dr. Wolfgang Golther, Prof. an d. Univers. Rostock. Nr. 254.

— **Portugiesische,** von Dr. Karl von Reinhardstoettner, Prof. an der Kgl. Techn. Hochschule München. Nr. 218.

— **Römische,** von Dr. Hermann Joachim in Hamburg. Nr. 62.

— **Russische,** von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.

— **Slavische,** von Dr. Josef Karásek in Wien. 1. Teil: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.

— — 2. Teil: Das 19. Jahrh. Nr. 278.

— **Spanische,** von Dr. Rudolf Beer in Wien. I. II. Nr. 167. 168.

Logarithmen. Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 81.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Logik. Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Luther, Martin, Thom. Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Magnetismus. Theoretische Physik III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Univers. Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

Malerei, Geschichte der, I. II. III. IV. V. von Dr. Rich. Muther, Prof. an d. Univers. Breslau. Nr. 107—111.

Mälzerei. Brauereiwesen I: Mälzerei von Dr. P. Dreverhoff, Direktor d. Öffentl. u. l. Sächs. Versuchsstat. für Brauerei u Mälzerei, sowie der Brauer- u. Mälzerschule zu Grimma. Nr. 303.

Maschinenelemente, Die. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den prakt. Gebrauch von Fr. Barth, Oberingenieur in Nürnberg. Mit 86 Fig. Nr. 3.

Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. August Blind, Prof. an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Maßanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Nr. 221.

Materialprüfungswesen. Einführ. i. d. mod. Technik d. Materialprüfung von K. Memmler, Diplomingenieur. Ständ. Mitarbeiter a. Kgl. Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde. I: Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel f. Festigkeitsversuche. Mit 58 Fig. Nr. 311. — — II: Metallprüfung u. Prüfung v. Hilfsmaterialien d. Maschinenbaues — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelprüfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Fig. Nr. 312.

Mathematik, Geschichte der, von Dr. A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.

Mechanik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Univ. Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

Meereskunde, Physische, von Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abbild. im Text und 8 Taf. Nr. 112.

Messungsmethoden, Physikalische v. Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Fig. Nr. 301.

Metalle (Anorganische Chemie 2. Teil) v. Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Königl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.

Metalloide (Anorganische Chemie 1. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.

Metallurgie von Dr. Aug Geitz, diplom. Chemiker in München, I. II. Mit 21 Fig. Nr. 313. 314.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Prof. an der Univers. Innsbruck. Mit 49 Abbild. und 7 Taf. Nr. 54.

Mineralogie von Dr. R. Brauns, Prof. an der Univers. Kiel. Mit 130 Abbild. Nr. 29.

Minnesang und Spruchdichtung. Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Prof. an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.

Morphologie, Anatomie u. Physiologie der Pflanzen. Von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 141.

Münzwesen. Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Prof an der Handelsschule in Köln. Nr. 283.

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Murner, Thomas. Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrh. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberl. am Nikolaigymn. zu Leipzig. Nr. 7.

Musik, Geschichte der alten und mittelalterlichen, von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbild. und Musikbeilagen. Nr. 121.

Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre) v. Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.

Musikgeschichte des 17. und 18. Jahrhunderts von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. Nr. 239.

— **des 19. Jahrhunderts** von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164. 165.

Musiklehre, Allgemeine, v. Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.

Mythologie, Germanische, von Dr. Eugen Mogk, Prof. an der Univers. Leipzig. Nr. 15.

— **Griechische und römische,** von Dr. Herm. Steuding, Prof. am Kgl. Gymnasium in Wurzen. Nr. 27.

— siehe auch: Heldensage.

Nautik. Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigations-Schule zu Lübeck. Mit 56 Abbild. Nr. 84.

Nibelunge, Der, Nöt in Auswahl und Mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Prof. an der Univ. Rostock. Nr. 1.

— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Nutzpflanzen von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. d. Großh. landwirtschaftl. Versuchsanst. Augustenberg. Mit 53 Fig. Nr. 123.

Pädagogik im Grundriß von Prof. Dr. W. Rein, Direktor des Pädagog. Seminars an der Univ. Jena. Nr. 12.

— **Geschichte der,** von Oberlehrer Dr. H. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.

Paläontologie v. Dr. Rud. Hoernes, Prof. an der Univ. Graz. Mit 87 Abbild. Nr. 95.

Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Prof. J. Dondorff in Breslau. Mit 121 Fig. Nr. 260.

Perspektive nebst einem Anhang üb. Schattenkonstruktion und Parallelperspektive von Architekt Hans Freyberger, Oberl. an der Baugewerkschule Köln. Mit 88 Abbild. Nr. 57.

Petrographie von Dr W. Bruhns, Prof. a. d. Univers. Straßburg i. E. Mit 15 Abbild. Nr. 173.

Pflanze, Die, ihr Bau und ihr Leben von Oberlehrer Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbild. Nr. 44.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

Pflanzenkrankheiten v. Dr. Werner Friedrich Bruck in Gießen. Mit 1 farb. Taf. u. 45 Abbild. Nr. 310.

Pflanzen-Morphologie, -Anatomie und -Physiologie von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakad. Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 141.

Pflanzenreich, Das. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakad. Eisenach. Mit 50 Fig. Nr. 122.

Pflanzenwelt, Die, der Gewässer von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 158.

Pharmakognosie. Von Apotheker F. Schmitthenner, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.

Philosophie, Einführung in die, von Dr. Max Wentscher, Prof. a. d. Univers. Königsberg. Nr. 281.

— Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Photographie, Die. Von H. Keßler, Prof. an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Taf. und 52 Abbild. Nr. 94.

Physik, Theoretische, I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Universf. Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

— — II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Univ. Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

— — III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Universf. Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

— **Geschichte der,** von A. Kistner, Prof. an der Großh. Realschule zu Sinsheim a. E. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Fig. Nr. 293.

— — II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Fig. Nr. 294.

Physikalische Aufgabensammlung von G. Mahler, Prof. d. Mathem. u. Physik am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.

Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Mit 65 Fig. Nr. 136.

Physikalische Messungsmethoden v. Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Fig. Nr 301.

Plastik, Die, des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Konservator am German. Nationalmuseum zu Nürnberg. Mit 23 Taf. Nr. 116.

Poetik, Deutsche, von Dr. K. Borinski, Prof. a. d. Univ. München. Nr. 40.

Posamentiererei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Ind. zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie, von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Psychophysik, Grundriß der, von Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit 3 Fig. Nr. 98.

Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen. Ein kurzer Überblick von Regierungsbaumeister Rudolf Vogdt, Oberlehrer an der kgl. höheren Maschinenbauschule in Posen. Mit zahlr. Abbild. Nr. 290.

Quellenkunde zur deutschen Geschichte von Dr. Carl Jacob, Prof. an der Universf. Tübingen. 2 Bde. Nr. 279. 280.

Rechnen, Kaufmännisches, von Richard Just, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139. 140. 187.

Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches. Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Titze, Prof. an der Universf. Göttingen. Nr. 305.

Rechtslehre, Allgemeine, von Dr. Th. Sternberg, Privatdoz. an der Universf. Lausanne. I: Die Methode. Nr. 169.

— II: Das System. Nr. 170.

Rechtsschutz, Der internationale gewerbliche, von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.

Redelehre, Deutsche, v. Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Mit einer Taf. Nr. 61.

Religionsgeschichte, Alttestamentliche, von D. Dr. Max Löhr, Prof. an der Universf. Breslau. Nr. 292.

— **Indische,** von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.

— — siehe auch Buddha.

Religionswissenschaft, Abriß der vergleichenden, von Prof. Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.

Renaissance. Die Kultur d. Renaissance. Gesittung. Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Privatdoz. an der Univ. Wien. Nr. 189.

Roman. Geschichte d. deutschen Romans von Dr. Hellmuth Mielke. Nr. 229.

Russisch-Deutsches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker, Prof. an der Universf. Prag. Nr. 68.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Russisches Lesebuch mit Glossar von Dr. Erich Berneker, Prof. an der Univers. Prag. Nr. 67.

— — siehe auch: Grammatik.

Sachs, Hans. Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 24.

Säugetiere. Das Tierreich I: Säugetiere von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart Mit 15 Abbild. Nr. 282.

Schattenkonstruktionen v. Prof. J. Vonderlinn in Breslau. Mit 114 Fig. Nr. 236.

Schmarotzer u. Schmarotzertum in der Tierwelt. Erste Einführung in die tierische Schmarotzerkunde v. Dr. Franz v. Wagner, a. o. Prof. a. d. Univers. Gießen. Mit 67 Abbild. Nr. 151.

Schule, Die deutsche, im Auslande, von Hans Amrhein in Halle a. S. Nr. 259.

Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Seminaroberlehrer in Annaberg. Nr. 50.

Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel v. Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeb. von Prof. Dr. F. Bobertag, Dozent an der Univers. Breslau. Nr. 138.

Soziologie von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.

Spitzenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Kgl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Sprachdenkmäler, Gotische, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen v. Dr. Herm. Jantzen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.

Sprachwissenschaft, Germanische, v. Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.

— **Indogermanische,** v. Dr. R. Meringer, Prof. a. d. Univ. Graz. Mit einer Taf. Nr. 59.

Sprachwissenschaft, Romanische, von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an der Univers. Wien. I: Lautlehre u. Wortlehre I. Nr. 128.

— — II: Wortlehre II u. Syntax. Nr. 250.

— **Semitische,** von Dr. C. Brockelmann, Prof. an der Univers. Königsberg. Nr. 291.

Staatsrecht, Preußisches, von Dr. Fritz Stier-Somlo, Prof. an der Univers. Bonn. 2 Teile. Nr. 298 u. 299.

Stammeskunde, Deutsche, von Dr. Rudolf Much, a. o. Prof. an der Univers Wien. Mit 2 Karten und 2 Taf. Nr. 126.

Statik, I. Teil: Die Grundlehren der Statik starrer Körper v. W. Hauber, Diplom.-Ing. Mit 82 Fig. Nr. 178.

— II. Teil: Angewandte Statik. Mit 61 Fig. Nr. 179.

Stenographie nach dem System von F. X. Gabelsberger von Dr. Albert Schramm, Mitglied des Kgl. Stenogr. Instituts Dresden. Nr. 246.

— Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einig-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lesestücken u. einem Anhang v. Dr. Amsel, Oberlehrer des Kadettenhauses Oranienstein. Nr. 86.

Stereochemie von Dr. E. Wedekind, Prof. an der Univers. Tübingen. Mit 34 Abbild. Nr. 201.

Stereometrie von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Mit 44 Fig. Nr. 97.

Stilkunde von Karl Otto Hartmann, Gewerbeschulvorstand in Lahr. Mit 7 Vollbildern und 195 Text-Illustrationen. Nr. 80.

Technologie, Allgemeine chemische, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

Teerfarbstoffe, Die, mit besonderer Berücksichtigung der synthetischen Methoden von Dr. Hans Bucherer, Prof. an der Kgl. Techn. Hochschule Dresden. Nr. 214.

Telegraphie, Die elektrische, von Dr. Lud. Rellstab. M. 19 Fig. Nr. 172.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Testament. Die Entstehung des Alten Testaments von Lic. Dr. W. Staerk in Jena. Nr. 272.

— Die Entstehung des Neuen Testaments von Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.

Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Dir. der Königlichen Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

— III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Thermodynamik (Technische Wärmelehre) von K. Walther und M. Röttinger, Dipl.-Ingenieuren. Mit 54 Fig. Nr. 242.

Tierbiologie I: Entstehung und Weiterbildung der Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Prof. an der Univers. Leipzig. Mit 33 Abbild. Nr. 181.

— II: Beziehungen der Tiere zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Prof. an der Univers. Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 182.

Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Prof. der Zoologie an der Kgl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Tierkunde v. Dr. Franz v. Wagner, Prof. an der Univers. Gießen. Mit 78 Abbild. Nr. 60.

Tierreich, Das, I: Säugetiere von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbild. Nr. 282.

Tierzuchtlehre, Allgemeine und spezielle, von Dr. Paul Rippert in Berlin. Nr. 228.

Trigonometrie, Ebene und sphärische, von Dr. Gerh. Hessenberg, Privatdoz. an der Techn. Hochschule in Berlin. Mit 70 Fig. Nr. 99.

Unterrichtswesen, Das öffentliche, Deutschlands i. d. Gegenwart von Dr. Paul Stötzner, Gymnasialoberlehrer in Zwickau. Nr. 130.

— **Geschichte des deutschen Unterrichtswesens** von Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des Kgl. Gymnasiums zu Luckau. I. Teil: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.

— — II. Teil: Vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Nr. 276.

Urgeschichte der Menschheit v. Dr. Moritz Hoernes, Prof. an der Univ. Wien. Mit 53 Abbild. Nr. 42.

Urheberrecht, Das deutsche, an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.

Versicherungsmathematik von Dr. Alfred Loewy, Prof. an der Univ. Freiburg i. B. Nr. 180.

Versicherungswesen, Das, von Dr. iur. Paul Moldenhauer, Dozent der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. Nr. 262.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, k. u. k. Kustos der ethnogr. Sammlung des naturhistor. Hofmuseums u. Privatdoz. an d. Univers. Wien. Mit 56 Abbild. Nr. 73.

Volkslied, Das deutsche, ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Jul. Sahr. Nr. 25.

Volkswirtschaftslehre v. Dr. Carl Johs. Fuchs, Prof. an der Univers. Freiburg i. B. Nr. 183.

Volkswirtschaftspolitik von Präsident Dr. R. van der Borght in Berlin. Nr. 177.

Waltharilied, Das, im Versmaße der Urschrift übersetzt und erläutert von Prof. Dr. H. Althof, Oberlehrer a. Realgymnasium i. Weimar. Nr. 46

Digitized by Google

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang u. Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Prof. a. d. Oberrealschule und a. d. Techn. Hochsch. in Stuttgart. Nr. 23.

Warenkunde, von Dr. Karl Hassack, Professor an der Wiener Handelsakademie. I. Teil: Unorganische Waren. Mit 40 Abbild. Nr. 222.

— II. Teil: Organische Waren. Mit 36 Abbild. Nr. 223.

Wärme. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Univers. Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

Wärmelehre, Technische, (Thermodynamik) von K. Walther u. M. Röttinger, Dipl.-Ingenieure. Mit 54 Fig. Nr. 242.

Wäscherei. Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textilindustrie in Krefeld. Mit 28 Fig. Nr. 186.

Wasser, Das, und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe von Dr. Ernst Leher, Dipl.-Ingen. in Saalfeld. Mit 15 Abbild. Nr. 261.

Weberei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Wirkerei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Wolfram von Eschenbach. Hartmann v. Aue, Wolfram v. Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höf. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Königl. Friedrichskolleg. z. Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung von Dr. Heinrich Klenz. Nr. 200.

— **Deutsches,** von Dr. Ferd. Detter, Prof. an der Universität Prag. Nr. 64.

Zeichenschule von Prof. K. Kimmich in Ulm. Mit 18 Taf. in Ton-, Farben- und Golddruck u. 200 Voll- und Textbildern. Nr. 39.

Zeichnen, Geometrisches, von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearb. v. Prof. J. Donderlinn, diplom. und staatl. gepr. Ingenieur in Breslau. Mit 290 Fig. und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Weitere Bände erscheinen in rascher Folge.

Digitized by Google

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

In unserem Verlage erscheint ferner die

Sammlung Schubert

Sammlung mathematischer Lehrbücher,

die, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhend, den Bedürfnissen des Praktikers Rechnung tragen und zugleich durch eine leichtfaßliche Darstellung des Stoffes auch für den Nichtfachmann verständlich sind. In systematisch sich aufbauenden, selbständigen Einzeldarstellungen bildet das Unternehmen einen einheitlich angelegten Lehrgang der gesamten Mathematik, von den ersten Anfangsgründen der Arithmetik und Algebra bis zur höheren Mathematik.

Ausführliche Verzeichnisse unberechnet und postfrei.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google